Industry Canada
Research Publications Program

EDITORS: DALE W. JORGENSON AND FRANK C. LEE

Industry-level Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States

Industry Canada Research Monograph

101-06271/

Industry-level Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States

Industry Canada Research Publications Program

The Industry Canada Research Publications Program provides a forum for the analysis of key micro-economic challenges in the Canadian economy and contributes to an informed public debate on these issues. Under the direction of the Micro-Economic Policy Analysis Branch, the Program's research paper series features peer-reviewed analytical working papers and policy-related discussion papers written by specialists on micro-economic issues of broad importance.

The views expressed in these papers do not necessarily reflect the views of Industry Canada or of the federal government.

EDITORS: DALE W. JORGENSON AND FRANK C. LEE

Industry-level Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States

Industry Canada Research Monograph

Canadian Cataloguing in Publication Data

Main entry under title :
Industry-Level Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States

"Industry Canada Research Monograph"
Text in English and French on inverted pages.
Title on added t.p.: La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis.
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-65349-1
Cat. No. C21-26/1-2000

1. Industrial productivity — Canada.
2. Industrial productivity — United States.
3. Competition — Canada.
4. Competition — United States.
I. Jorgenson, Dale W., 1933- .
II. Lee, Frank C. (Frank Chung).
III. Canada. Industry Canada.

HC79.I52I52 2000 338.4'567'0971 C00-980453-6E
Published in March 2001

The list of titles available in the Research Publications Program and details on how to obtain copies can be found at the end of this document. Abstracts of research volumes and papers published in Industry Canada's various series, and the full text of our quarterly newsletter, *MICRO*, are available on *STRATEGIS*, the Department's online business information site, at http://strategis.gc.ca.

Comments should be addressed to:

Someshwar Rao
Director
Strategic Investment Analysis
Micro-Economic Policy Analysis
Industry Canada
5th Floor, West Tower
235 Queen Street
Ottawa, Ontario
K1A 0H5

Tel.: (613) 941-8187; Fax: (613) 991-1261; E-mail: rao.someshwar@ic.gc.ca

Table of Contents

CONTRIBUTORS *i*

PREFACE *iii*

1. INTRODUCTION *1*

   Dale W. Jorgenson and Frank C. Lee

2. RAISING THE SPEED LIMIT : U.S. ECONOMIC GROWTH IN THE INFORMATION AGE *5*

   Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

   Introduction *5*
   The Recent U.S. Growth Experience *8*
   Sources of Economic Growth 9
   Output 12
   Capital Stock and Capital Services 13
   Measuring Labour Services 20
   Quantifying the Sources of Growth 21
   Alternative Growth Accounting Estimates 35
   Decomposition of TFP Growth 40
   Setting the Speed Limit *44*
   A Brief Review of Forecast Methodologies 44
   CBO's Growth Projections 45
   Evaluating the CBO's Projections 49
   Industry Productivity *51*
   Methodology 52
   Data Sources 54
   Empirical Results 56
   Conclusion *66*
   Notes *69*
   Annex: Extrapolation for 1999 *75*

3. ECONOMIC AND PRODUCTIVITY GROWTH IN CANADIAN INDUSTRIES 77

Wulong Gu, Frank C. Lee and Jianmin Tang

Introduction 77
Methodology 78
Data 80
Capital Input Data 81
Labour Input Data 83
Sectoral Input and TFP Growth Data 84
Growth in Output and TFP 85
Input Growth and Its Contribution to Output Growth 86
Growth in the Quality of Capital and Labour Inputs 90
Sources of Output and Labour Productivity Growth in the Private Business Sector 91
Conclusion 94
Notes 96
Annex: Detailed Industry Tables 97

4. A COMPARISON OF INDUSTRIAL PRODUCTIVITY GROWTH IN CANADA AND THE UNITED STATES 121

Wulong Gu and Mun S. Ho

Introduction 121
Methodology 122
Data 127
Intermediate Input Data 127
Labour Input Data 127
Capital Input Data 128
Output Growth and Productivity Growth 129
Private Business Sector 129
A Comparison across 33 Industries 131
Conclusion 149
Notes 150
Annex A: Concordance Between Canadian and U.S. Industries 152
Annex B: Sources of Output Growth Based on the Capital Stock Data from Statistics Canada's KLEMS Database 154

5. PRODUCTIVITY LEVELS AND INTERNATIONAL COMPETITIVENESS BETWEEN CANADA AND THE UNITED STATES *155*

Frank C. Lee and Jianmin Tang

Introduction *155*
Purchasing Power Parities for Output and Inputs *156*
Purchasing Power Parities for Output *157*
Purchasing Power Parities for Intermediate Inputs *157*
Purchasing Power Parities for Capital Input *158*
Purchasing Power Parities for Labour Input *159*
Summary of Purchasing Power Parities Between Canada and the United States, 1993 *160*
Relative Productivity Levels *162*
Competitiveness in Canadian and U.S. Industries *166*
Canada-U.S. Differences in Productivity and International Competitiveness in the Private Business Sector *172*
Summary and Conclusion *173*
Notes *175*
Annex: Quality of Capital and Labour Inputs and Relative TFP Levels *177*

APPENDIX A: ESTIMATING OUTPUT FOR THE UNITED STATES *181*

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

APPENDIX B: ESTIMATING CAPITAL SERVICES FOR THE UNITED STATES *185*

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

Capital Services Methodology *185*
Investment and Capital Data *190*
Notes *200*

APPENDIX C: ESTIMATING LABOUR INPUT *201*

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

Labour Input Methodology *201*
Labour Data *202*
Note *203*

APPENDIX D: ESTIMATING INDUSTRY-LEVEL PRODUCTIVITY FOR THE UNITED STATES *207*

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

Notes *208*

APPENDIX E: MEASURING THE QUANTITY AND COST OF CAPITAL INPUTS IN CANADA *209*

Wulong Gu and Frank C. Lee

Introduction *209*
Methodology for Measuring the Quantity and Cost of Capital Inputs *210*
Estimating Capital Inputs 211
Estimating Capital Stock and the Cost of Capital Services 213
Data Sources *214*
Empirical Results *218*
Conclusion *224*
Notes *225*

APPENDIX F: THE CHANGING COMPOSITION OF THE CANADIAN WORKFORCE, 1961-95 *227*

Wulong Gu and Jean-Pierre Maynard

Introduction *227*
Methodology for Constructing Indices of Labour Input *228*
Data Sources and Data Construction *230*
Matrices of Annual Hours Worked 231
Matrices of Annual Worker Earnings 234
Empirical Results *235*
Trends in Hours Worked 235
Indices of Labour Input and Labour Quality 241
Conclusion *244*
Notes *245*

APPENDIX G: NET CAPITAL STOCK ESTIMATES AND DEPRECIATION PROFILES FOR CANADA: A COMPARISON BETWEEN EXISTING SERIES AND A TEST SERIES USING THE B.E.A. METHODOLOGY FOR THE UNITED STATES *247*

Peter Koumanakos, Richard Landry, Kuen Huang and Susanna Wood

Introduction *247*
Current Methodology *248*
Gross Stocks and Retirements 248
Net Stocks and Depreciation 249
Geometric Depreciation in the Current Measures 251
BEA-type Geometric Depreciation Methodology *256*
Comparisons *257*
Notes *262*

BIBLIOGRAPHY *263*

INDUSTRY CANADA RESEARCH PUBLICATIONS PROGRAM *273*

Contributors

Wulong Gu
Industry Canada

Kuen Huang
Statistics Canada

Mun S. Ho
Harvard University

Dale W. Jorgenson
Harvard University

Peter Koumanakos
Statistics Canada

Richard Landry
Statistics Canada

Frank C. Lee
OECD (formerly of Industry Canada)

Jean-Pierre Maynard
Statistics Canada

Kevin J. Stiroh
Federal Reserve Bank of New York

Jianmin Tang
Industry Canada

Susanna Wood
Statistics Canada

Preface

THE PURPOSE OF THIS MONOGRAPH is to illuminate the economic interrelationships between Canada and the United States. In order to achieve this objective, we have presented detailed comparisons of productivity trends and levels of output, input, and productivity for individual industries in the two countries. These comparisons employ purchasing power parities for both outputs and inputs and use a common methodology. While the estimates are preliminary in character, they embody the best information currently available on the determinants of relative standards of living and economic growth in both countries.

This monograph reflects the views of the authors, but not necessarily those of Industry Canada or of the institutions the authors are affiliated with. We would like to express our appreciation to Statistics Canada, the U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) and the Bureau of Economic Analysis (BEA) for data accessibility and consultations. In particular, the authors are grateful to Katharine Kemp of Statistics Canada for providing bilateral commodity price data, and Bruce Grimm and Dave Wasshausen of the BEA for details on the BEA investment data and prices.

We are grateful to Bob Arnold of CBO for helpful comments and discussions of the CBO's results and methods. We thank Erwin Diewert (University of British Columbia), Steve Oliner (Federal Reserve Board), Dan Sichel (Federal Reserve Board), and seminar participants at the Federal Reserve Bank of New York for helpful comments and discussions on Chapter 2. Dave Fiore provided excellent research assistance for Chapter 2. We are also indebted to Erwin Diewert (University of British Columbia), René Durand (Industry Canada), Rick Harris (Simon Fraser University), Jeremy Rudin (Finance Canada), Larry Rosenblum (U.S. Bureau of Labor Statistics) for their helpful comments on Chapters 3, 4 and 5. In addition, we thank Masahiro Kuroda (Keio University) and Kun-Young Yun (Yonsei University) for helpful discussions.

Last but not the least, we wish to thank Serge Nadeau and Someshwar Rao at Industry Canada for their unwavering support throughout the duration of the project. In addition, we also thank Denis Gauthier who supported this project at the inception. However, the authors are solely responsible for any remaining errors and omissions.

Introduction 1

Dale W. Jorgenson and Frank C. Lee

ONE OF THE PRINCIPAL ECONOMIC POLICY OBJECTIVES shared by Canada and the United States is maintaining high and growing standards of living. Both countries have been remarkably successful at this and stand at the top of the world rankings in terms of economic performance. The first objective of this monograph is to quantify the sources of economic growth at the industry level in Canada and the United States. The second objective is to assess the relative competitiveness of American and Canadian industries.

In Chapter 2, Jorgenson and Stiroh focus on the recent revival of U.S. economic growth. They attribute the rise in the rate of U.S. economic growth since 1995 to a surge of investment in computers, software, and communications equipment and to a jump in the growth rate of total factor productivity (TFP). Average labour productivity (ALP) grew 0.95 percent per year more rapidly during 1995-98 than during 1990-95. More rapid TFP growth contributed 0.72 percent per year, while capital deepening generated 0.34 percent per year. These increases offset a modest decline in the rate of improvement of labour quality as the pool of available workers was exhausted.

In Chapter 3, Wulong Gu, Frank Lee and Jianmin Tang also adopt the constant quality indices of capital and labour inputs used in Chapter 2 for each of the 122 industries studied in Canada. The extent of asset types is not as detailed as that in the United States. They only consider five asset types – machinery and equipment (M&E), building structures, engineering structures, land and inventories. However, on the labour input side, workers are cross-classified by two sexes, three employment classes, seven age groups and four educational groups, for a total of 168 types. At the aggregate level, the same framework is adopted by aggregating the capital stock across different asset types and hours worked across different types of workers.

The results show that the Canadian private business sector's output growth slowed down from an annual rate of 5.6 percent during 1961-73 to 3.3 percent during 1973-88, and to 1.5 percent during 1988-95. TFP growth accounted for about 46 percent of output growth during 1961-73, and for 22 percent and

26 percent, respectively, during 1973-88 and 1988-95. At the same time, over 80 percent of the slowdown in output growth observed from the first to the second period is attributable to the slowdown in TFP growth. On the other hand, over 80 percent of the slowdown in output growth from 1973-88 to 1988-95 originated from the slowdown in the growth of both capital and labour inputs. The slowdown in the growth of capital stock and hours worked was mainly responsible for the input growth slowdown between the last two periods.

For a majority of the 122 industries examined in this chapter, input growth was a dominant source of output growth during 1961-73 and 1973-88. However, during 1988-95, TFP growth accounted for more than half of output growth in slightly more than half of these industries, primarily because input growth slowed down more than productivity growth between 1973-88 and 1988-95.

In Chapter 4, Wulong Gu and Mun Ho compare output growth between Canada and the United States in 33 industries. They first aggregate capital input in both countries to four asset types (M&E, structures, land and inventories) so that the underlying data used in the study are comparable. The authors do not use the U.S. data that incorporate the latest benchmark revision in the U.S. National Income and Product Accounts for the purpose of comparing the United States with Canada. The extensive benchmark revisions made in the United States have not yet taken place in the Canadian National Income and Product Accounts.

The results show that average growth rates of output in Canada were higher than in the United States for almost all industries before 1988. After 1988, output growth in Canada has been slightly lower than in the United States. On the productivity side, there was a substantial catch-up by Canadian industries to the productivity levels of U.S. industries during the period 1961-73. After 1973, productivity in Canadian industries grew at a rate similar to that of U.S. industries. Input growth is identified as the dominant source of output growth at the sectoral level, with productivity growth contributing about 20 percent of output growth for both countries during the entire period.

In the last chapter, Frank Lee and Jianmin Tang focus on international competitiveness between Canadian and U.S. industries. They first construct Canada-U.S. bilateral purchasing power parities for outputs and inputs by industry using bilateral Canada-U.S. commodity price data following Jorgenson and

Kuroda (1995). In 1995, more than half of Canadian industries were more competitive than their U.S. counterparts. However, the competitive position of Canadian industries is threatened by higher capital input prices and lower TFP levels. Canada had higher capital input prices than the United States in 27 of the 33 industries, whereas Canada had lower TFP levels than the United States in 23 of the 33 industries. Unlike capital input prices, all Canadian industries had an advantage over their U.S. counterparts in terms of labour costs. Finally, most Canadian industries paid almost the same price for their intermediate inputs as their U.S. counterparts.

Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age

2

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

2.1 Introduction

THE CONTINUED STRENGTH AND VITALITY of the U.S. economy continues to astonish economic forecasters.[1] A consensus is now emerging that something fundamental has changed, with "new economy" proponents pointing to information technology as the causal factor behind the strong performance of the U.S. economy. In this view, technology is profoundly altering the nature of business, leading to permanently higher productivity growth throughout the economy. Sceptics argue that the recent success reflects a series of favourable, but temporary, shocks. This argument is buttressed by the perception that the U.S. economy behaves rather differently than envisioned by new economy advocates.[2]

While productivity growth, capital accumulation, and the impact of technology were topics once reserved for academic debates, the recent strong performance of the U.S. economy has moved them into popular discussion. The purpose of this paper is to employ well-tested and familiar methods to analyze important new information made available by the recent benchmark revision of the U.S. National Income and Product Accounts (NIPA). We document the case for raising the speed limit – for upward revision of intermediate-term projections of future growth to reflect the latest data and trends.

The late 1990s have been exceptional in comparison with the growth experience of the U.S. economy over the past quarter century. While growth rates in the 1990s have not yet returned to those of the golden age of the U.S. economy in the 1960s, the data nonetheless clearly reveal a remarkable transformation of economic activity. Rapid declines in the prices of computers and semiconductors are well known and carefully documented, and evidence is accumulating that similar declines are taking place in the prices of software and communications equipment. Unfortunately, the empirical record is seriously incomplete, so much remains to be done before definitive quantitative assessments can be made about the complete role of these high-tech assets.

Despite the limitations of the available data, the mechanisms underlying the structural transformation of the U.S. economy are readily apparent. As an illustration, consider the increasing role that computer hardware plays as a source of economic growth.[3] For the period 1959 to 1973, computer inputs contributed less than one-tenth of one percent to U.S. economic growth. Since 1973, however, the price of computers has fallen at historically unprecedented rates and firms and households have followed a basic principle of economics – they have substituted towards relatively cheaper inputs. Since 1995, the price decline of computers has accelerated, reaching nearly 28 percent per year from 1995 to 1998. In response, investment in computers has exploded and the contribution of computers to growth has increased more than five-fold to 0.46 percentage points per year in the late 1990s.[4] Software and communications equipment, two other information technology assets, contributed an additional 0.30 percentage points per year for 1995-98. Preliminary estimates through 1999 reveal further increases in these contributions for all three high-tech assets.

Next, consider the acceleration of average labour productivity (ALP) growth in the 1990s. After a 20-year slowdown dating from the early 1970s, ALP grew 2.4 percent per year for 1995-98, more than a percentage point faster than during 1990-95.[5] A detailed decomposition shows that capital deepening, the direct consequence of price-induced substitution and rapid investment, added 0.49 percentage points to ALP growth. Faster total factor productivity (TFP) growth contributed an additional 0.63 percentage points, largely reflecting technical change in the production of computers and the resulting acceleration in their price decline. Slowing labour quality growth retarded ALP growth by 0.12 percentage points, relative to the early 1990s, a consequence of the exhaustion of the pool of available workers.

Focusing more specifically on TFP growth, it recorded an anaemic 0.34 percent per year for 1973-95, but accelerated to 0.99 percent during 1995-98. After more than twenty years of sluggish TFP growth, four of the last five years have seen growth rates near 1 percent. It could be argued that this represents a new paradigm. According to this view, the diffusion of information technology improves business practices, generates spillovers, and raises productivity throughout the economy. If this trend is sustainable, it could revive the optimistic expectations of the 1960s and overcome the pessimism of *The Age of Diminished Expectations*, the title of Krugman's (1990) influential book.

A closer look at the data, however, shows that gains in TFP growth can be traced in substantial part to information technology industries, which produce computers, semi-conductors, and other high-tech gear. The evidence is equally clear that computer-using industries like finance, insurance, and real estate (FIRE) and services have continued to lag in productivity growth. Reconciliation of massive high-tech investment and relatively slow productivity growth in service industries remains an important task for proponents of the new economy vision.[6]

What does this imply for the future? The sustainability of growth in labour productivity is the key issue for future growth projections. For some purposes, the distinctions among capital accumulation and growth in labour quality and TFP may not matter, so long as ALP growth can be expected to continue. It is sustainable labour productivity gains, after all, that ultimately drive long-run growth and raise living standards.

In this respect, the recent experience provides grounds for caution, since much depends on productivity gains in high-tech industries. Ongoing technological gains in these industries have been a direct source of improvement in TFP growth, as well as an indirect source of more rapid capital deepening. The sustainability of growth, therefore, hinges critically on the pace of technological progress in these industries. As measured by relative price changes, progress has accelerated recently, as computer prices fell 28 percent per year during 1995-98 compared to 15 percent during 1990-95. Of course, there is no guarantee of continued productivity gains and price declines of this magnitude. Nonetheless, as long as high-tech industries maintain the ability to innovate and improve their productivity at rates comparable even to their long-term averages, relative prices will fall and the virtuous circle of an investment-led expansion will continue.[7]

Finally, we argue that rewards from new technology accrue to the direct participants; first, to the innovating industries producing high-tech assets and, second, to the industries that restructure to implement the latest information technology. There is no evidence of spillovers from production of information technology to the industries that use this technology. Indeed, many of the industries that use information technology most intensively, like FIRE and services, show high rates of substitution of information technology for other inputs and relatively low rates of productivity growth. In part, this may reflect problems in measuring the output of these industries, but the empirical record provides little support for the "new economy" picture of

spillovers cascading from information technology producers onto users of this technology.[8]

The chapter is organized as follows. Section 2 describes our methodology for quantifying the sources of U.S. economic growth. We present results for the period 1959-1998, and focus on the "new economy" era of the late 1990s. Section 3 explores the implications of the recent experience for future growth, comparing our results to recent estimates produced by the Congressional Budget Office (CBO), the Council of Economic Advisors (CEA), and the Office of Management and Budget (OMB). Section 4 moves beyond the aggregate data and quantifies the productivity growth at the industry level. Using methodology introduced by Domar (1961), we consider the impact of information technology on aggregate productivity. Section 5 concludes.

2.2 The Recent U.S. Growth Experience

THE U.S. ECONOMY HAS UNDERGONE a remarkable transformation in recent years with growth in output, labour productivity, and total factor productivity all accelerating since the mid-1990s. This resurgence of growth has led to a widening debate about sources of economic growth and changes in the structure of the economy. "New economy" proponents trace the changes to developments in information technology, especially the rapid commercialization of the Internet, that are fundamentally changing economic activity. "Old economy" advocates focus on the lacklustre performance during the first half of the 1990s, the increase in labour force participation and rapid decline in unemployment since 1993, and the recent investment boom.

Our objective is to quantify the sources of the recent surge in U.S. economic growth, using new information made available by the benchmark revision of the U.S. National Income and Product Accounts (NIPA) released in October 1999 (BEA, 1999). We then consider the implications of our results for intermediate-term projections of U.S. economic growth. We give special attention to the rapid escalation of growth rates in the official projections, such as those estimated by the Congressional Budget Office and the Council of Economic Advisers. The CBO projections are particularly suitable for our purposes, since they are widely disseminated, well documented, and represent the "best practice." We do not focus on the issue of inflation and do not comment on potential implications for monetary policy.

2.2.1 Sources of Economic Growth

Our methodology is based on the production possibility frontier introduced by Jorgenson (1966) and employed by Jorgenson and Griliches (1967). This captures substitutions among outputs of investment and consumption goods, as well inputs of capital and labour. We identify *information technology* (IT) with investments in computers, software, and communications equipment, as well as consumption of computer and software as outputs. The service flows from these assets are also inputs. The aggregate production function employed by Solow (1957, 1960) and, more recently by Greenwood, Hercowitz, and Krusell (1997), is an alternative to our model. In this approach, a single output is expressed as a function of capital and labour inputs. This implicitly assumes, however, that investments in information technology are perfect substitutes for other outputs, so that relative prices do not change.

Our methodology is essential in order to capture two important facts about which there is general agreement. The first is that the prices of computers have declined drastically relative to the prices of other investment goods. The second is that this rate of decline has recently accelerated. In addition, estimates of investment in software, now available in the NIPA, are comparable to investment in hardware. The new data show that the price of software has fallen relative to the prices of other investment goods, but more slowly than the price of hardware. We examine the estimates of software investment in some detail in order to assess the role of software in recent economic growth. Finally, we consider investment in communications equipment, which shares many of the technological features of computer hardware.

2.2.1.a Production Possibility Frontier

Aggregate output Y_t consists of investment goods I_t and consumption goods C_t. These outputs are produced from aggregate input X_t, consisting of capital services K_t and labour services L_t. We represent productivity as a "Hicks-neutral" augmentation A_t of aggregate input:[9]

$$(1) \qquad Y(I_t,C_t) = A_t \cdot X(K_t,L_t).$$

The outputs of investment and consumption goods and the inputs of capital and labour services are themselves aggregates, each with many subcomponents.

Under the assumptions of competitive product and factor markets, and constant returns to scale, growth accounting gives the share-weighted growth of outputs as the sum of the share-weighted growth of inputs and growth in *total factor productivity* (TFP):

$$(2) \qquad \overline{w}_{I,t}\Delta \ln I_t + \overline{w}_{C,t}\Delta \ln C_t = \overline{v}_{K,t}\Delta \ln K_t + \overline{v}_{L,t}\Delta \ln L_t + \Delta \ln A_t ,$$

where $\overline{w}_{I,t}$ is investment's average share of nominal output, $\overline{w}_{C,t}$ is consumption's average share of nominal output, $\overline{v}_{K,t}$ is capital's average share of nominal income, $\overline{v}_{L,t}$ is labour's average share of nominal income, $\overline{w}_{I,t} + \overline{w}_{C,t} = \overline{v}_{K,t} + \overline{v}_{L,t} = 1$, and Δ refers to a first difference. Note that we reserve the term *tot al factor productivity* for the augmentation factor in Equation (1).

Equation (2) enables us to identify the contributions of outputs and inputs to economic growth. For example, we can quantify the contributions of different investments, such as computers, software, and communications equipment, to the growth of output by decomposing the growth of investment among its components. Similarly, we can quantify the contributions of different types of consumption, such as services from computers and software, by decomposing the growth of consumption. As shown in Jorgenson and Stiroh (1999), both computer investment and consumption of IT have made important contributions to U.S. economic growth in the 1990s. We also consider the contributions to output of software and communications equipment as distinct high-tech assets. Similarly, we decompose the contribution of capital input to isolate the impact of computers, software, and communications equipment on input growth.

Rearranging Equation (2) enables us to present results in terms of growth in *average labour productivity* (ALP), defined as $y_t = Y_t/H_t$, where Y_t is output, defined as an aggregate of consumption and investment goods; $k_t = K_t/H_t$ is the ratio of capital services to hours worked H_t:

$$(3) \qquad \Delta \ln y_t = \overline{v}_{K,t}\Delta \ln k_t + \overline{v}_{L,t}\left(\Delta \ln L_t - \Delta \ln H_t\right) + \Delta \ln A_t .$$

This gives the familiar allocation of ALP growth among three factors. The first is *capital deepening*, the growth in capital services per hour. Capital deepening makes workers more productive by providing more capital for each hour of work and raises the growth of ALP in proportion to the share of capital. The second term is the improvement in *labour quality*, defined as the differ-

ence between growth rates of labour input and hours worked. Reflecting the rising proportion of hours supplied by workers with higher marginal products, labour quality improvement raises ALP growth in proportion to labour's share. The third factor is *total factor productivity* (TFP) growth, which increases ALP growth on a point-for-point basis.

2.2.1.b Computers, software, and communications equipment

We now consider the impact of investment in computers, software, and communications equipment on economic growth. For this purpose, we must carefully distinguish the *use* of information technology and the *production* of information technology.[10] For example, computers themselves are the output of one industry (the computer-producing industry, as part of Commercial and Industrial Machinery), and computing services are inputs into other industries (computer-using industries, like Trade, FIRE, and Services).

Massive increases in computing power, like those experienced by the U.S. economy, therefore reflect two effects on growth. First, as the production of computers improves and becomes more efficient, more computing power is being produced from the same inputs. This raises overall productivity in the computer-producing industry and contributes to TFP growth in the economy as a whole. Labour productivity also grows at both the industry and aggregate levels.[11]

Second, the rapid accumulation of computers leads to input growth of computing power in computer-using industries. Since labour is working with more and better computer equipment, this investment increases labour productivity. If the contributions to output are captured by the effect of capital deepening, aggregate TFP growth is unaffected. As Baily and Gordon (1988) remark, "there is no shift in the user firm's production function (p. 378)," and thus no gain in TFP. Increasing deployment of computers increases TFP only if there are spillovers from the production of computers to production in the computer-using industries, or if there are measurement problems associated with the new inputs.

We conclude that rapid growth in computing power affects aggregate output through both TFP growth and capital deepening. Progress in the technology of computer production contributes to growth in TFP and ALP at the aggregate level. The accumulation of computing power in computer-using industries reflects the substitution of computers for other inputs and leads to

growth in ALP. In the absence of spillovers, this growth does not contribute to TFP growth.

The remainder of this section provides empirical estimates of the variables in Equations (1) through (3). We then employ Equations (2) and (3) to quantify the sources of growth of output and ALP over 1959-1998 and various sub-periods.

2.2.2 Output

Our output data are based on the most recent benchmark revision of the NIPA.[12] Real output, Y_t, is measured in chained 1996 dollars, and $P_{Y,t}$ is the corresponding implicit deflator. Our output concept is similar, but not identical, to one used in the Bureau of Labor Statistics (BLS) productivity program. Like the BLS, we exclude the government sector, but unlike the BLS we include imputations for the flow of services from consumers' durables (CD) and owner-occupied housing. These imputations are necessary to preserve comparability between durables and housing; they also enable us to capture the important impact of information technology on households.

Our estimate of current dollar private output in 1998 is $8,013B, including imputations of $740B that primarily reflect the services of consumers' durables.[13] Real output growth was 3.63 percent for the whole period, compared to 3.36 percent for the official GDP series. The difference reflects both our imputations and our exclusion of the government sector in the NIPA data. Table A.1 in Appendix A shows the current dollar value and corresponding price index for total output and IT assets – investment in computers, I_c, investment in software, I_s, investment in communications equipment, I_m, consumption of computers and software, C_c, and the imputed service flow from consumers' computers and software, D_c.

The most striking feature of these data is the enormous price decline of computer investment – 18 percent per year from 1960 to 1995 (Figure 2.1). Since 1995 this decline has accelerated to 27.6 percent per year. By contrast, the relative price of software has been flat for much of the period and only began to fall in the late 1980s. The price of communications equipment behaves similarly to the price of software, while consumption of computers and software shows a decline similar to that of computer investment. The top panel of Table 2.1 summarizes the growth rates of prices and quantities of major output categories for 1990-95 and for 1995-98.

In terms of current dollar output, investment in software is the largest IT asset, followed by investment in computers and communications equipment (Figure 2.2). While business investments in computers, software, and communications equipment are by far the largest categories, households have spent more than $20B per year on computers and software since 1995, generating a service flow of comparable magnitude.

2.2.3 Capital Stock and Capital Services

This section describes our capital estimates for the U.S. economy from 1959 to 1998.[14] We begin with investment data from the Bureau of Economic Analysis, estimate capital stocks using the perpetual inventory method, and aggregate capital stocks using rental prices as weights. This approach, originated by Jorgenson and Griliches (1967), is based on the identification of rental prices with marginal products of different types of capital. Our estimates of these prices incorporate differences in asset prices, service lives and depreciation rates, and the tax treatment of capital income.[15]

We refer to the difference between growth in capital services and capital stock as the growth in *capital quality*, $q_{K,t}$; this represents a substitution towards assets with higher marginal products.[16] For example, the shift toward IT increases the quality of capital, since computers, software, and communications equipment are assets with relatively high marginal products. Capital stock estimates, like those originally employed by Solow (1957), fail to account for this increase in quality.

We employ a broad definition of capital, including tangible assets such as equipment and structures, as well as consumers' durables, land, and inventories. We estimate a service flow from the installed stock of consumers' durables, which enters our measures of both output and input. It is essential to include this service flow, since a steadily rising proportion is associated with investments in IT by the household sector. In order to capture the impact of information technology on U.S. economic growth, investments by the business and household sectors as well as the services of the resulting capital stocks must be included.

Table 2.1

Average Growth Rates of Selected Outputs and Inputs

	1990-95		1995-98	
	Prices	Quantities	Prices	Quantities
	Outputs			
Private Domestic Output (Y)	1.70	2.74	1.37	4.73
Other (Y_n)	2.01	2.25	2.02	3.82
Computer and Software Consumption (C_c)	-21.50	38.67	-36.93	49.26
Computer Investment (I_c)	-14.59	24.89	-27.58	38.08
Software Investment (I_s)	-1.41	11.59	-2.16	15.18
Communications Investment (I_m)	-1.50	6.17	-1.73	12.79
Computer and Software CD Services (D_c)	-19.34	34.79	-28.62	44.57
	Inputs			
Total Capital Services (K)	0.60	2.83	2.54	4.80
Other (K_n)	1.00	1.78	4.20	2.91
Computer Capital (K_c)	-10.59	18.16	-20.09	34.10
Software Capital (K_s)	-2.07	13.22	-0.87	13.00
Communications Capital (K_m)	3.10	4.31	-7.09	7.80
Total Consumption Services (D)	1.98	2.91	-0.67	5.39
Non-Computer and Software (D_n)	2.55	2.07	0.54	3.73
Computer and Software CD Services (D_c)	-19.34	34.79	-28.62	44.57
Labour (L)	2.92	2.01	2.80	2.81

Note: CD refers to consumers' durable assets. All values are percentages.

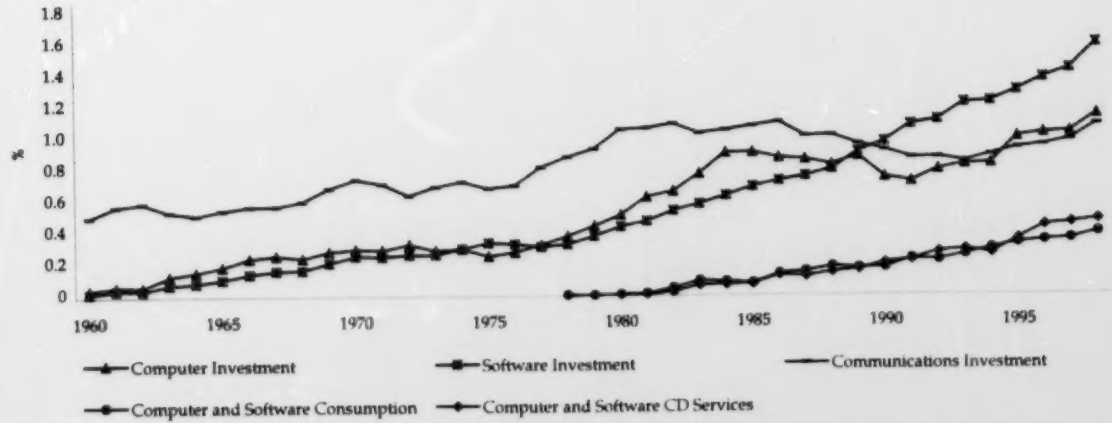
Our estimate of capital stock is $26T in 1997, substantially larger than the $17.3T in fixed private capital estimated by the BEA (1998b). This difference reflects our inclusion of consumers' durables, inventories, and land. Our estimates of capital stock for comparable categories of assets are quite similar to those of the BEA. Our estimate of fixed private capital in 1997, for example, is $16.8T, almost the same as that of the BEA. Similarly, our estimate of the stock of consumers' durables is $2.9T, while the BEA's estimate is $2.5T. The remaining discrepancies reflect our inclusion of land and inventories. Table B.1 in Appendix B lists the component assets and 1998 investment and stock values; Table B.2 presents the value of the capital stock from 1959 to 1998, as well as asset price indices for total capital and IT assets.

Figure 2.1
Relative Prices of Information Technology Outputs, 1960-98

Note: All price indices are relative to the output price index.

Figure 2.2

Output Shares of Information Technology, 1960-98



Note: Share of current dollar output.

The stocks of IT business assets (computers, software, and communications equipment), as well as consumers' purchases of computers and software, have grown dramatically in recent years, but remain relatively small. In 1998, combined IT assets accounted for only 3.4 percent of tangible capital, and 4.6 percent of reproducible, private assets.

We now move to estimates of capital service flows, where capital stocks of individual assets are aggregated using rental prices as weights. Table B.3 in Appendix B presents the current dollar service flows and corresponding price indices for 1959-98, and the second panel of Table 2.1 summarizes the growth rates of prices and quantities of inputs for 1990-95 and 1995-98.

There is a clear acceleration of growth of aggregate capital services from 2.8 percent per year for 1990-95 to 4.8 percent for 1995-98. It is largely due to a rapid growth in services from IT equipment and software, and reverses the trend toward slower capital growth through 1995. While information technology assets account for only 11.2 percent of the total, the service shares of these assets are much greater than the corresponding asset shares. In 1998, capital services were only 12.4 percent of capital stocks for tangible assets as a whole, but services were 40.0 percent of information technology stocks. This reflects the rapid price declines and high depreciation rates that enter into the rental prices of information technology.

Figure 2.3 highlights the rapid increase in the importance of IT assets, reflecting the accelerating pace of relative price declines. In the 1990s, the service price for computer hardware fell 14.2 percent per year, compared to an increase of 2.2 percent for non-information technology capital. As a direct consequence of this relative price change, computer services grew 24.1 percent, compared to only 3.6 percent for the services of non-IT capital during the 1990s. The current dollar share of services from computer hardware increased steadily and reached nearly 3.5 percent of all capital services in 1998 (Figure 2.3).[17]

The rapid accumulation of software, however, appears to have different origins. The price of software investment has declined much more slowly (-1.7 percent per year for software versus -19.5 percent for computer hardware) from 1990 to 1998. These differences in investment prices lead to a much slower decline in service prices for software and computers, -1.6 percent versus -14.2 percent. Nonetheless, firms have been accumulating software quite rapidly, with real capital services growing 13.3 percent per year during the 1990s. While lower than the 24.1 percent growth recorded for computers, software growth is

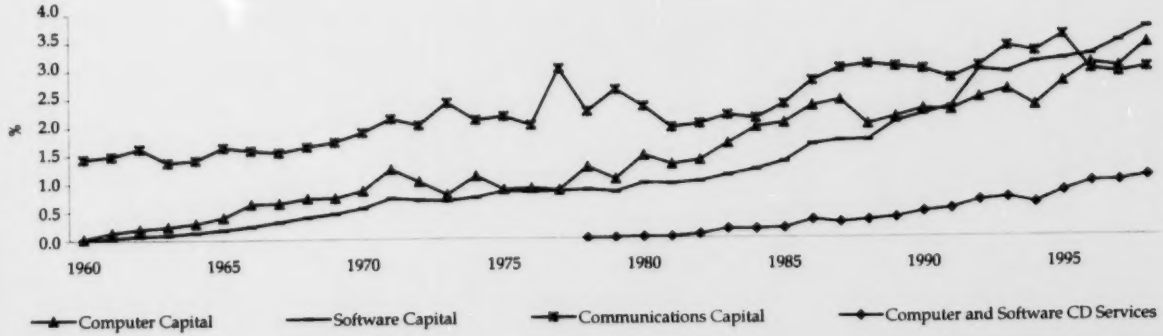
much more rapid than the growth of other forms of tangible capital. Complementarity between software and computers is one possible explanation. Firms respond to the decline in relative computer prices by accumulating computers and investing in complementary inputs like software to put the computers into operation.[18]

A competing explanation is that the official price indices used to deflate software investment omit a large part of true quality improvements. This would lead to a substantial overstatement of price inflation and a corresponding understatement of real investment, capital services, and economic growth. According to Moulton, Parker, and Seskin (1999), and Parker and Grimm (2000), only prices of pre-packaged software are calculated from constant-quality price deflators based on hedonic methods. Prices of business own-account software are based on input-cost indices, which implicitly assume no change in the productivity of computer programmers. Custom software prices are a weighted average of pre-packaged software and own-account software, with an arbitrary 75 percent weight given to business own-account software prices. Thus, the price deflators for nearly two-thirds of recent software investment are estimated under the maintained assumption of no gain in productivity.[19] If the quality of own-account and custom software is improving at a pace even remotely close to packaged software, this implies a large understatement of investment in software.

Although the price decline for communications equipment during the 1990s is comparable to that of software, as officially measured in the NIPA, investment has grown at a rate that is more in line with prices. However, there are also possible measurement biases in the pricing of communications equipment. The technology of switching equipment, for example, is similar to that of computers; investment in this category is deflated by a constant-quality price index developed by the BEA. Conventional price deflators are employed for transmission gear, such as fibre-optic cables, which also appear to be declining rapidly in price. This could lead to an underestimate of the rate of growth in communications equipment investment, capital stock, and capital services, as well as an overestimate of the rate of inflation.[20] We return to this issue at the end of Section 2.2.

Figure 2.3

Input Shares of Information Technology, 1960-98



Note: Share of current dollar capital and consumers' durable services.

2.2.4 Measuring Labour Services

This section describes our estimates of labour input for the U.S. economy from 1959 to 1998. We begin with individual data from the Census of Population for 1970, 1980, and 1990, as well as the annual Current Population Surveys. We estimate constant quality indices for labour input and its price to account for heterogeneity of the workforce across sexes, employment classes, age groups, and education levels. This follows the approach of Jorgenson, Gollop and Fraumeni (1987), whose estimates have been revised and updated by Ho and Jorgenson (1999).[21]

The distinction between labour input and labour hours is analogous to the distinction between capital services and capital stock. Growth in labour input reflects the increase in labour hours, as well as changes in the composition of hours worked as firms substitute among heterogeneous types of labour. We define the growth in labour quality as the difference between the growth in labour input and hours worked. Labour quality reflects the substitution of workers with high marginal products for those with low marginal products, while the growth in hours employed by Solow (1957) and others does not capture this substitution. Table C.1 in Appendix C presents our estimates of labour input, hours worked, and labour quality.

Our estimates show a value for labour expenditures of $4,546B in 1998, roughly 57 percent of the value of output. This share accurately includes private output and our imputations for capital services. If we exclude these imputations, labour's share rises to 62 percent, in line with conventional estimates. As shown in Table 2.1, the growth of the index of labour input, L_t, appropriate for our model of production in Equation (1) accelerated to 2.8 percent for 1995-98, from 2.0 percent for 1990-95. This is primarily due to the growth in the number of hours worked, which rose from 1.4 percent during 1990-95 to 2.4 percent during 1995-98, as the labour force participation increased and unemployment rates plummeted.[22]

The growth in labour quality decelerated in the late 1990s, from 0.65 percent during 1990-95 to 0.43 percent during 1995-98. This slowdown captures well-known underlying demographic trends in the composition of the workforce, as well as the exhaustion of the pool of available workers as unemployment rates steadily declined. Projections of future economic growth that omit labour quality, like those of the CBO discussed in Section 3, implicitly incorporate changes in labour quality into measured TFP growth. This reduces the

reliability of projections of future economic growth. Fortunately, this is easily remedied by extrapolating demographic changes in the workforce in order to reflect foreseeable changes in the composition of workers by characteristics such as age, sex, and educational attainment.

2.2.5 Quantifying the Sources of Growth

Table 2.2 presents results of our growth accounting decomposition based on an extension of Equation (2) for the period 1959 to 1998 and various subperiods, as well as preliminary estimates through 1999. As in Jorgenson and Stiroh (1999), we decompose economic growth by both output and input categories in order to quantify the contribution of information technology (IT) to investment and consumption outputs, as well as capital and consumers' durable inputs. We extend our previous treatment of the outputs and inputs of computers by identifying software and communications equipment as distinct IT assets.

To quantify the sources of IT-related growth more explicitly, we employ an extended production possibility frontier:

$$(4)\quad Y(Y_n, C_c, I_c, I_s, I_m, D_c) = A \cdot X\,(K_n, K_c, K_s, K_m, D_n, D_c, L)$$

where outputs include computer and software consumption, C_c, computer investment, I_c, software investment, I_s, telecommunications investment, I_m, the services of consumers' computers and software, D_c, and other outputs, Y_n. Inputs include the capital services of computers, K_c, software, K_s, telecommunications equipment, K_m, other capital assets, K_n, services of consumers' computers and software, D_c, other durables, D_n, and labour input, L.[23] As in Equation (1), total factor productivity is denoted by A and represents the ability to produce more output from the same inputs. Time subscripts have been dropped for convenience.

The corresponding extended growth accounting equation is:

$$(5)\quad \overline{w}_{Yn}\Delta\ln Y_n + \overline{w}_{Cc}\Delta\ln C_c + \overline{w}_{Ic}\Delta\ln I_c + \overline{w}_{Is}\Delta\ln I_s + \overline{w}_{Im}\Delta\ln I_m + \overline{w}_{Dc}\Delta\ln D_c = \overline{v}_{Kn}\Delta\ln K_n + \overline{v}_{Kc}\Delta\ln K_c + \overline{v}_{Ks}\Delta\ln K_s + \overline{v}_{Km}\Delta\ln K_m + \overline{v}_{Dn}\Delta\ln D_n + \overline{v}_{Dc}\Delta\ln D_c + \overline{v}_{L}\Delta\ln L + \Delta\ln A$$

where $\overline{w}$ and $\overline{v}$ denote the average shares of nominal income for the subscripted variable $\overline{w}_{Yn} + \overline{w}_{Cc} + \overline{w}_{Ic} + \overline{w}_{Is} + \overline{w}_{Im} + \overline{w}_{Dc} = \overline{v}_{Kn} + \overline{v}_{Kc} + \overline{v}_{Ks} + \overline{v}_{Km} + \overline{v}_{Dn} + \overline{v}_{Dc} + \overline{v}_{L} = 1$; we refer to a share-weighted growth rate as the *contribution* of an input or output.

2.2.5.a Output Growth

We first consider the sources of output growth for the entire period 1959 to 1998. Broadly defined capital services make the largest contribution to growth with 1.8 percentage points (1.3 percentage points from business capital and 0.5 from consumers' durable assets), labour services contribute 1.2 percentage points, and TFP growth is responsible for only 0.6 percentage points. Input growth is the source of nearly 80 percent of U.S. economic growth over the past 40 years, while TFP has accounted for approximately one-fifth. Figure 2.4 highlights this result by showing the relatively small contribution to growth of the TFP residual in each sub-period.

More than three-quarters of the contribution of broadly defined capital reflects the accumulation of capital stock, while increased labour hours account for slightly less than three-quarters of labour's contribution. The quality of both capital and labour have made important contributions, with 0.45 and 0.32 percentage points per year, respectively. Accounting for substitution among heterogeneous capital and labour inputs is therefore an important part of quantifying the sources of economic growth.

A look at the U.S. economy before and after 1973 reveals some familiar features of the historical record. After strong output and TFP growth in the 1960s and early 1970s, the U.S. economy slowed markedly through 1990, with annual output growth falling from 4.3 percent to 3.1 percent and annual TFP growth falling almost two-thirds of a percentage point from 1.0 percent to 0.3 percent. Growth in capital inputs also slowed, falling from 5.0 percent during 1959-73 to 3.8 percent during 1973-90, which contributed to a sluggish ALP growth of 2.9 percent during 1959-73 to 1.4 percent during 1973-90.

We now focus on the 1990s and highlight recent changes.[24] Relative to the early 1990s, output growth has increased by nearly 2.0 percentage points during 1995-98. The contribution of capital jumped by 1.0 percentage point, the contribution of labour rose by 0.4 percentage points, and TFP growth accelerated by 0.6 percentage points. ALP growth rose 1.0 percentage point. The rising contributions of capital and labour encompass several well-known

trends in the late 1990s. Growth in hours worked accelerated as labour markets tightened, unemployment fell to a 30-year low, and labour force participation rates increased.[25] The contribution of capital reflects the investment boom of the late 1990s as businesses poured resources into plant and equipment, especially computers, software, and communications equipment.

The acceleration of TFP growth is perhaps the most remarkable feature of the data. After averaging only 0.34 percent per year from 1973 to 1995, the acceleration of TFP to 0.99 percent suggests massive improvements in technology and increases in the efficiency of production. While the resurgence of TFP growth in the 1990s has yet to surpass that recorded in the 1960s and early 1970s, more rapid TFP growth is critical for sustained higher rates of growth.

Figures 2.5 and 2.6 highlight the rising contributions of information technology (IT) outputs to U.S. economic growth. Figure 2.5 shows the breakdown between IT and non-IT outputs for the sub-periods from 1959 to 1998, while Figure 2.6 decomposes the contribution of IT outputs into the five components identified above. Although the role of IT has steadily increased, Figure 2.5 shows that the recent surge in investment and consumption nearly doubled the contribution to output of IT during 1995-98 relative to 1990-95. Figure 2.6 shows that computer investment is the largest single IT contributor in the late 1990s, and that consumption of computers and software is becoming increasingly important as a source of output growth.

Figures 2.7 and 2.8 present a similar decomposition of the role of IT as a production input, where the contribution is rising even more dramatically. Figure 2.7 shows that the capital and consumers' durable contribution from IT increased rapidly in the late 1990s, and now accounts for more than two-fifths of the total contribution to growth from broadly defined capital. Figure 2.8 shows that computer hardware is also the single largest IT contributor on the input side, which reflects the growing share and rapid growth rates of the late 1990s.

Table 2.2

Growth in U.S. Private Domestic Output and the Sources of Growth, 1959-99

					Preliminary*	
	1959-98	1959-73	1973-90	1990-95	1995-98	1995-99
Growth in Private Domestic Output (Y)	3.630	4.325	3.126	2.740	4.729	4.763
Contribution of Selected Output Components						
Other (Y_n)	3.275	4.184	2.782	2.178	3.659	3.657
Computer and Software Consumption (C_c)	0.035	0.000	0.023	0.092	0.167	0.175
Computer Investment (I_c)	0.150	0.067	0.162	0.200	0.385	0.388
Software Investment (I_s)	0.074	0.025	0.075	0.128	0.208	0.212
Communications Investment (I_m)	0.060	0.048	0.061	0.053	0.122	0.128
Computer and Software CD Services (D_c)	0.036	0.000	0.023	0.089	0.187	0.204
Contribution of Capital Services (K)	1.260	1.436	1.157	0.908	1.611	1.727
Other (K_n)	0.936	1.261	0.807	0.509	0.857	0.923
Computers (K_c)	0.177	0.086	0.199	0.187	0.458	0.490
Software (K_s)	0.075	0.026	0.071	0.154	0.193	0.205
Communications (K_m)	0.073	0.062	0.080	0.058	0.104	0.109
Contribution of CD Services (D)	0.510	0.632	0.465	0.292	0.558	0.608
Other (D_n)	0.474	0.632	0.442	0.202	0.370	0.403
Computers and Software (D_c)	0.036	0.000	0.023	0.089	0.187	0.204
Contribution of Labour (L)	1.233	1.249	1.174	1.182	1.572	1.438
Aggregate Total Factor Productivity (TFP)	0.628	1.009	0.330	0.358	0.987	0.991
Growth of Capital and CD Services	4.212	4.985	3.847	2.851	4.935	5.286
Growth of Labour Input	2.130	2.141	2.035	2.014	2.810	2.575

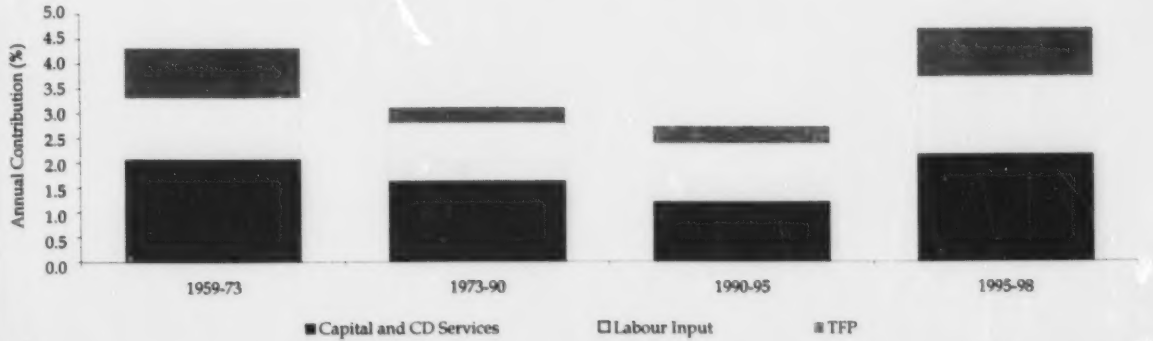
Table 2.2 (cont'd)

						Preliminary*
	1959-98	1959-73	1973-90	1990-95	1995-98	1995-99
Contribution of Capital and CD Quality	0.449	0.402	0.405	0.434	0.945	1.041
Contribution of Capital and CD Stock	1.320	1.664	1.217	0.765	1.225	1.293
Contribution of Labour Quality	0.315	0.447	0.200	0.370	0.253	0.248
Contribution of Labour Hours	0.918	0.802	0.974	0.812	1.319	1.190
Average Labour Productivity (*ALP*)	2.042	2.948	1.437	1.366	2.371	2.580

Note: The contribution of an output or an input is defined as the share-weighted, real growth rate. CD refers to consumers' durable assets. All values are percentages. 1995-99 results include preliminary estimates for 1999; see the Annex to this chapter for details on estimation and data sources.

Figure 2.4

Sources of U.S. Economic Growth, 1959-98



Note: An input's contribution is its average share-weighted, annual growth rate. TFP defined in Equation (2) in the text.

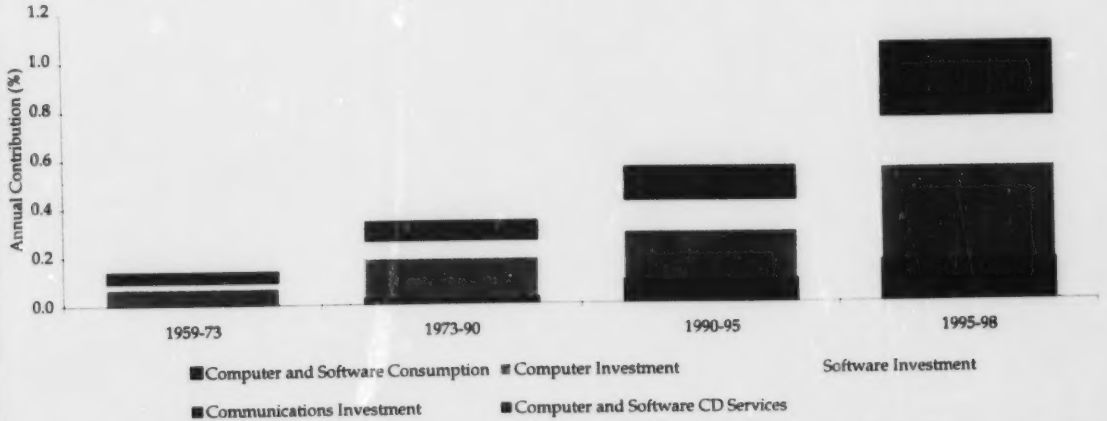
Figure 2.5

Contribution to Output of Information Technology, 1959-98

Note: The contribution of an output is its average share-weighted, annual growth rate.

Figure 2.6

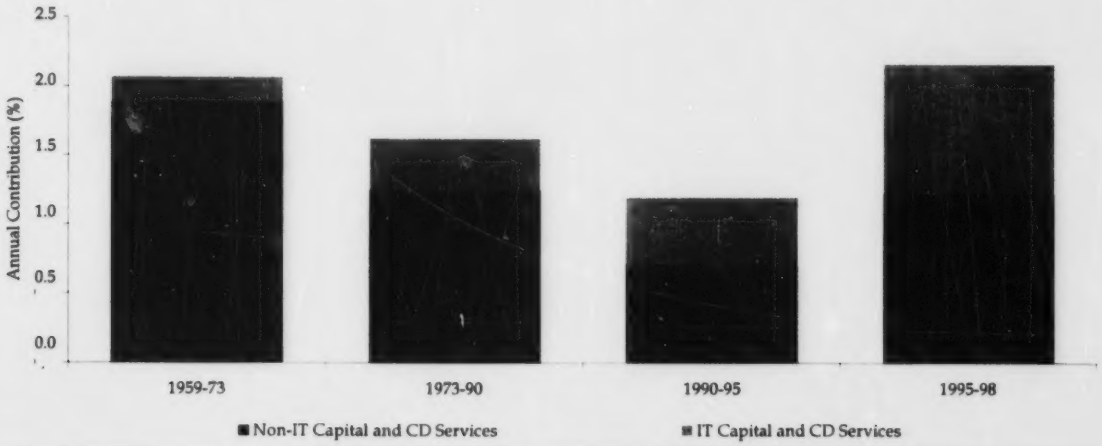
Contribution to Output of Information Technology Assets, 1959-98



Note: The contribution of an output is its average share-weighted, annual growth rate.

Figure 2.7

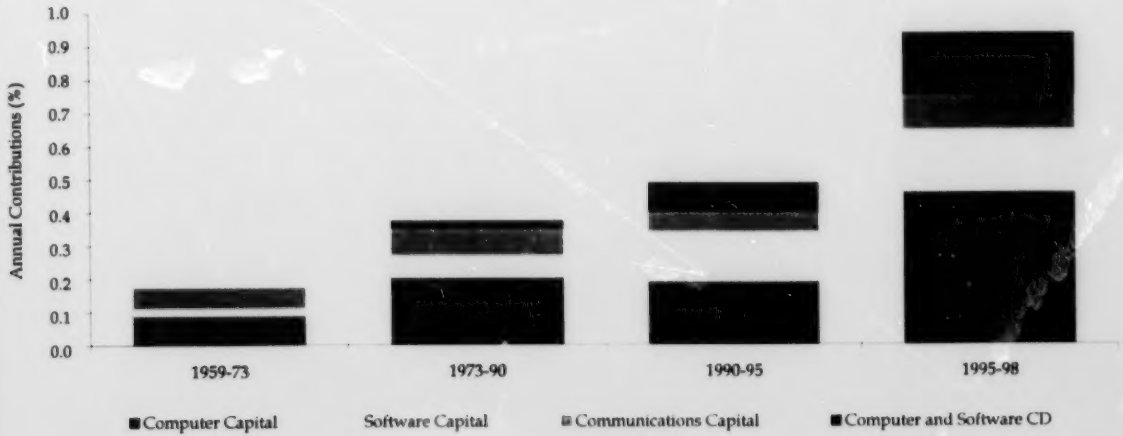
Input Contribution of Information Technology, 1959-98



Note: The contribution of an output is its average share-weighted, annual growth rate.

Figure 2.8

Input Contribution of Information Technology Assets, 1959-98



Note: The contribution of an output is its average share-weighted, annual growth rate.

The contribution of computers, software, and communications equipment offers a different picture from that presented by Jorgenson and Stiroh (1999) for both data and methodological reasons. First, the BEA benchmark revision has classified software as an investment good. While software is growing more slowly than computers, the substantial nominal share of software services has raised the contribution of information technology. Second, we have added communications equipment, also a slower growing component of capital services, with similar effects. Third, we now incorporate asset-specific revaluation terms in all rental price estimates. Since the acquisition prices of computers are steadily falling, asset-specific revaluation terms have raised the estimated service price and increased the share of computer services. Finally, we have modified our timing convention and now assume that capital services from individual assets are proportional to the average of the current and lagged stock. For assets with relatively short service lives like IT, this is a more reasonable assumption than in our earlier work, which assumed that it took a full year for new investment to become productive.[26]

This large increase in the contribution of computers and software to growth is consistent with recent estimates by Oliner and Sichel (2000), although their estimate of such contribution is somewhat larger. They report that computer hardware and software contributed 0.93 percentage points to growth during 1996-99, while communications contributed another 0.15. The discrepancy primarily reflects our broader output concept, which lowers the input share of these high-tech assets, and also minor differences in tax parameters and stock estimates. Whelan (1999) also reports a larger contribution to growth of 0.82 percentage points from computer hardware over 1996-98. The discrepancy also reflects our broader output concept. In addition, Whelan (1999) introduces a new methodology to account for retirement and support costs that generates a considerably larger capital stock and raises the input share and the contribution of computer capital to growth.

Despite differences in methodology and data sources among studies, a consensus is building that computers are having a substantial impact on economic growth.[27] What is driving the increase in the contributions of computers, software, and communications equipment? As we argued in Jorgenson and Stiroh (1999), price changes lead to substitution toward capital services with lower relative prices. Firms and consumers are responding to relative price changes.

Table 2.1 shows that the acquisition price of computer investment fell nearly 28 percent per year, the price of software fell 2.2 percent, and the price of communications equipment fell 1.7 percent during the period 1995-98, while other output prices rose 2.0 percent. In response to these price changes, firms accumulated computers, software, and communications equipment more rapidly than other forms of capital. Investment other than information technology actually declined as a proportion of the private domestic product. The story of household substitution toward computers and software is similar. These substitutions suggest that the gains from the computer revolution accrue to firms and households that are adept at restructuring activities to respond to these relative price changes.

2.2.5.b Average Labour Productivity Growth

To provide a different perspective on the sources of economic growth we can look at ALP growth. By simple arithmetic, output growth equals the sum of the growth in hours of work and the growth in labour productivity.[28] Table 2.3 shows the output breakdown between growth in hours worked and ALP for the same periods as in Table 2.2. For the entire period 1959-1998, ALP growth was the predominant determinant of output growth, increasing just over 2 percent per year over 1959-98, while the number of hours increased about 1.6 percent per year. We then examine the changing importance of the factors determining ALP growth. As shown in Equation (3), ALP growth depends on a capital deepening effect, a labour quality effect, and a TFP effect.

Table 2.3

The Sources of ALP Growth, 1959-98

Variable	1959-98	1959-73	1973-90	1990-95	1995-98
Growth of Private Domestic Output (Y)	3.630	4.325	3.126	2.740	4.729
Growth in Hours Worked (H)	1.588	1.377	1.689	1.374	2.358
Growth in ALP (Y/H)	2.042	2.948	1.437	1.366	2.371
Contribution of Capital Deepening to ALP	1.100	1.492	0.908	0.637	1.131
Contribution of Labour Quality to ALP	0.315	0.447	0.200	0.370	0.253
Contribution of TFP to ALP	0.628	1.009	0.330	0.358	0.987

Note: Contributions to ALP are defined in Equation (3). All values are percentages.

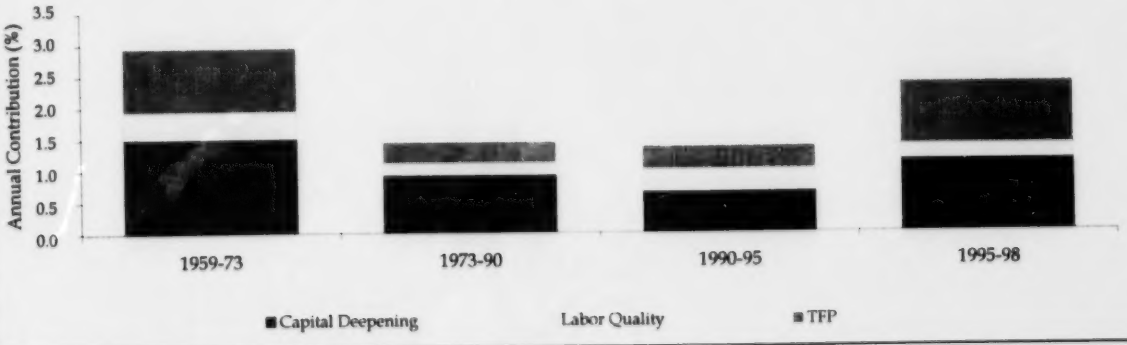
Figure 2.9 plots the importance of each factor, revealing the well-known productivity slowdown of the 1970s and 1980s, and highlighting the acceleration of labour productivity growth in the late 1990s. The slowdown through 1990 reflects a lesser capital deepening, declining labour quality growth, and decelerating growth in TFP. The growth of ALP slipped further during the early 1990s with the serious slump in capital deepening only partly offset by a revival in the growth of labour quality and an uptick in TFP growth. Slow growth in hours worked combined with a slow ALP growth during 1990-95 to produce a further slide in the growth of output. This stands out from previous cyclical recoveries during the post-war period, when output growth accelerated during the recovery, powered by a more rapid growth in hours worked and ALP.

For the most recent period of 1995-98, strong output growth reflects growth in labour hours and ALP almost equally. Comparing 1990-95 to 1995-98, output growth accelerated by nearly 2.0 percentage points due to a 1.0 percentage point increase in hours worked, and a 1.0 percentage point increase in ALP growth.[29] Figure 2.9 shows that the acceleration in ALP growth is due to rapid capital deepening from the investment boom, as well as faster TFP growth. Capital deepening contributed 0.49 percentage points to the acceleration in ALP growth, while acceleration in TFP growth added 0.63 percentage points. Growth in labour quality slowed somewhat as growth in hours worked accelerated. This reflects the falling unemployment rate and a tightening of labour markets as more workers with relatively low marginal products were drawn into the workforce. Oliner and Sichel (2000) also show a decline in the contribution of labour quality to growth in the late 1990s, from 0.44 during 1991-95 to 0.31 during 1996-99.

Our decomposition also sheds some light on the hypothesis advanced by Gordon (1999b), who argues that the vast majority of recent ALP gains are due to the production of IT, particularly computers, rather than to the use of IT. As we have already pointed out, more efficient IT production generates aggregate TFP growth as more computing power is produced from the same inputs, while IT use affects ALP growth via capital deepening. In recent years, the acceleration of TFP growth was a slightly more important factor in the acceleration of ALP growth than capital deepening. Efficiency gains in computer production are an important part of aggregate TFP growth, as Gordon's results on ALP suggest. We return to this issue in greater detail below.

Figure 2.9

Sources of U.S. Labour Productivity Growth, 1959-98



Note: Annual contributions are defined in Equation (3) in the text.

2.2.5.c Total Factor Productivity Growth

Finally, we consider the remarkable performance of U.S. TFP growth in recent years. After maintaining an average rate of 0.33 percent for the period 1973-90, TFP growth rose to 0.36 percent during 1990-95 and then vaulted to 0.99 percent per year during 1995-98. This jump is a major source of growth in output and ALP for the U.S. economy (Figures 2.4 and 2.9). While TFP growth in the 1990s has yet to attain the peaks recorded for some periods in the golden age of the 1960s and early 1970s, the recent acceleration suggests that the U.S. economy may be recovering from the anaemic productivity growth of the past two decades. Of course, caution is warranted until more historical experience is available.

As early as Domar (1961), economists have utilized a multi-industry model of the economy to trace aggregate productivity growth to its sources at the level of individual industries. Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987), and Jorgenson (1990) have employed this model to identify industry-level sources of growth. More recently, Gullickson and Harper (1999), and Jorgenson and Stiroh (2000) have used the model for similar purposes. We postpone more detailed consideration of these sources of TFP growth until we have examined the impact of alternative price deflators on our decomposition of growth.

2.2.6 Alternative Growth Accounting Estimates

Tables 2.1 through 2.3 and Figures 2.1 through 2.9 report our primary results using the official data published in the NIPA. As we have already noted, however, there is reason to believe that the rates of inflation in official price indices for certain high-tech assets, notably software and telecommunications equipment, may be overstated. Moulton, Parker, and Seskin (1999), and Parker and Grimm (2000), for example, report that only the pre-packaged segment of software investment is deflated with a constant-quality deflator. Own-account software is deflated with an input cost index and custom software is deflated with a weighted average of the pre-packaged and own-account deflator. Similarly, BEA reports that in the communications equipment category, only telephone switching equipment is deflated with a constant-quality, hedonic price deflator.

This subsection incorporates alternative price series for software and communications equipment and examines the impact on the estimates of U.S. economic growth and its sources. Table 2.4 presents growth accounting results under three different scenarios. The Base case repeats the estimates from Table 2.2, which are based on official NIPA price data. Two additional cases, Moderate Price Decline and Rapid Price Decline, incorporate price series for software and communications equipment that show faster price declines and correspondingly more rapid real investment growth.[30]

The Moderate Price Decline case assumes that pre-packaged software prices are appropriate for all types of private software investment, including custom and business own-account software. Since the index for pre-packaged software is based on explicit quality adjustments, it falls much faster than the prices of custom and own-account software, -10.1 percent vs. 0.4 percent and 4.1 percent, respectively, for the full period 1959-98 according to Parker and Grimm (2000). For communications equipment, the data are more limited and we assume prices fell 10.7 percent per year throughout the entire period. This estimate is the average annual "smoothed" decline for digital switching equipment over 1985-96, as reported by Grimm (1997). While this series may not be appropriate for all types of communications equipment, it exploits the best available information.

The Rapid Price Decline case assumes that software prices fell 16 percent per year during 1959-98, the rate of quality-adjusted price decline reported by Brynjolfsson and Kemerer (1996) for microcomputer spreadsheets over 1987-92. This is a slightly faster rate of decline than the -15 percent estimated by Gandal (1994) for 1986-91, and considerably faster than the 3 percent annual decline for word processors, spreadsheets, and databases reported by Oliner and Sichel (1994) for 1987-93. For communications equipment, we used estimates from the most recent period from Grimm (1997), who reports a decline of 17.9 percent per year over 1992-96.

While this exercise necessarily involves some arbitrary choices, the estimates incorporate the limited data now available and provide a valuable perspective on the crucial importance of accounting for quality changes in the prices of investment goods. Comparisons among the three cases are also useful for suggesting the range of uncertainty currently confronting analysts of U.S. economic growth.

Before discussing the empirical results, it is worthwhile to emphasize that a more rapid price decline for information technology has two direct effects on the sources of growth, and one indirect effect. The alternative investment deflators raise real output growth by reallocating nominal growth away from prices towards quantities. This also increases the growth rate of capital stock, since there are larger investment quantities in each year. More rapid price declines also give greater weight to capital services from information technology.

The counter-balancing effects of increased output and increased input growth lead to an indirect effect on measured TFP growth. Depending on the relative shares of high-tech assets in investment and capital services, the TFP residual will either increase if the output effect dominates or decrease if the effect on capital services dominates.[31] Following Solow (1957, 1960), Greenwood, Hercowitz, and Krusell (1997) we omit the output effect and attribute the input effect to "investment-specific" (embodied) technical change. This must be carefully distinguished from the effects of industry-level productivity growth on TFP growth, discussed in Section 4.

Table 2.4 reports growth accounting results from these three scenarios: Base case, Moderate Price Decline, and Rapid Price Decline. The results are not surprising; the more rapid the price decline for software and communications equipment, the faster the rate of growth of output and capital services. Relative to the Base case, output growth increases by 0.16 percentage points per year over 1995-98 in the Moderate Price Decline case and by 0.34 percentage points in the Rapid Price Decline case. Capital input growth shows slightly larger increases across the three cases. Clearly, constant-quality price indices for information technology are essential to further progress in understanding the impact on growth of high-tech investment.

The acceleration of output and input growth reflects the increased contributions from IT, and determines the effect on the TFP residual. In particular, the contribution of software to output for 1995-98 increases from 0.21 percentage points in the Base case to 0.29 percentage points in the Moderate Price Decline case, and to 0.40 percentage points in the Rapid Price Decline case. Similarly, the capital services contribution for software increases from 0.19 to 0.29 and to 0.45 percentage points. The contribution of communications equipment shows similar changes. Residual TFP growth fell slightly during the 1990s, as the input effect outweighed the output effect, due to the large capital services shares of IT.

Table 2.4

Growth in U.S. Private Domestic Output and the Sources of Growth, 1959-99

	Base Case				Moderate Price Decline				Rapid Price Decline			
	1959 -73	1973 -90	1990 -95	1995 -98	1959 -73	1973 -90	1990 -95	1995 -98	1959 -73	1973 -90	1990 -95	1995 -98
Growth in Private Domestic Output (Y)	4.33	3.13	2.74	4.73	4.35	3.30	2.90	4.89	4.36	3.38	3.03	5.07
Contribution of Selected Output Components												
Other (Y_n)	4.18	2.78	2.18	3.66	4.12	2.76	2.17	3.66	4.08	2.75	2.16	3.66
Computer and Software Consumption (C_c)	0.00	0.02	0.09	0.17	0.00	0.02	0.09	0.17	0.00	0.02	0.09	0.17
Computer Investment (I_c)	0.07	0.16	0.20	0.39	0.07	0.16	0.20	0.39	0.07	0.16	0.20	0.39
Software Investment (I_s)	0.03	0.08	0.13	0.21	0.04	0.14	0.22	0.29	0.05	0.17	0.29	0.40
Communications Equipment Investment (I_m)	0.05	0.06	0.05	0.12	0.12	0.19	0.13	0.21	0.16	0.25	0.19	0.27
Computer and Software CD Services (D_c)	0.00	0.02	0.09	0.19	0.00	0.02	0.09	0.19	0.00	0.02	0.09	0.19
Contribution of Capital Services (K)	1.44	1.16	0.91	1.61	1.54	1.39	1.15	1.83	1.61	1.51	1.32	2.09
Other (K_n)	1.26	0.81	0.51	0.86	1.25	0.80	0.51	0.86	1.25	0.79	0.51	0.85
Computers (K_c)	0.09	0.20	0.19	0.46	0.09	0.20	0.19	0.46	0.09	0.20	0.19	0.46
Software (K_s)	0.03	0.07	0.15	0.19	0.05	0.15	0.28	0.29	0.06	0.18	0.36	0.45
Communications Equipment (K_m)	0.06	0.08	0.06	0.10	0.16	0.25	0.18	0.23	0.22	0.34	0.27	0.33
Contribution of CD Services (D)	0.63	0.47	0.29	0.56	0.63	0.46	0.29	0.56	0.63	0.46	0.29	0.56
Non-Computers and Software (D_n)	0.63	0.44	0.20	0.37	0.63	0.44	0.20	0.37	0.63	0.44	0.20	0.37
Computers and Software (D_c)	0.00	0.02	0.09	0.19	0.00	0.02	0.09	0.19	0.00	0.02	0.09	0.19
Contribution of Labour (L)	1.25	1.17	1.18	1.57	1.25	1.17	1.18	1.57	1.25	1.18	1.18	1.57
Aggregate Total Factor Productivity (TFP)	1.01	0.33	0.36	0.99	0.94	0.27	0.27	0.93	0.88	0.22	0.23	0.85

Table 2.4 (cont'd)

	Base Case				Moderate Price Decline				Rapid Price Decline			
	1959 -73	1973 -90	1990 -95	1995 -98	1959 -73	1973 -90	1990 -95	1995 -98	1959 -73	1973 -90	1990 -95	1995 -98
Growth of Capital and CD Services	4.99	3.85	2.85	4.94	5.24	4.40	3.43	5.44	5.41	4.70	3.84	6.02
Growth of Labour Input	2.14	2.04	2.01	2.81	2.14	2.04	2.01	2.81	2.14	2.04	2.01	2.81
Contribution of Capital and CD Quality	0.40	0.41	0.43	0.95	0.48	0.59	0.63	1.11	0.54	0.70	0.78	1.34
Contribution of Capital and CD Stock	1.66	1.22	0.77	1.23	1.68	1.26	0.82	1.28	1.69	1.27	0.84	1.31
Contribution of Labour Quality	0.45	0.20	0.37	0.25	0.45	0.20	0.37	0.25	0.45	0.20	0.37	0.25
Contribution of Labour Hours	0.80	0.97	0.81	1.32	0.80	0.97	0.81	1.32	0.80	0.98	0.81	1.32
Average Labour Productivity (*ALP*)	2.95	1.44	1.37	2.37	2.98	1.61	1.52	2.53	2.99	1.69	1.65	2.72

Note: The Base case uses official NIPA price data. The Moderate Price Decline case uses the pre-packaged software deflator for all software and annual price changes of -10.7 percent for communications equipment. The Rapid Price Decline case uses annual price changes of -16 percent for software and -17.9 percent for communications equipment. See text for details and sources. A contribution is defined as the share-weighted, real growth rate. CD refers to consumers' durable assets. All values are percentages.

This exercise illustrates the sensitivity of the sources of growth to alternative information technology price indices. We do not propose to argue the two alternative cases are more nearly correct than the Base case with the official prices from NIPA. Given the paucity of quality-adjusted price data on high-tech equipment, we simply do not know. Rather, we have tried to highlight the importance of correctly measuring prices and quantities to understand the dynamic forces driving economic growth in the United States. As high-tech assets continue to proliferate through the economy and other investment goods become increasingly dependent on electronic components, these measurement issues will become increasingly important. While the task that lies ahead of us will be onerous, the creation of quality-adjusted price indices for all high-tech assets deserves top priority.

2.2.7 Decomposition of TFP Growth

We next consider the role of high-tech industries as a source of TFP growth. As discussed above, the production of high-tech investment goods has made an important contribution to aggregate growth. CEA (2000), for example, allocates 0.39 percentage points of aggregate TFP growth to computer production, while Oliner and Sichel (2000) allocate 0.47 percentage points to the production of computers and computer-related semi-conductors for the period 1995-99.[32]

We employ a methodology based on the price "dual" approach to measurement of productivity at the industry level. Anticipating our complete industry analysis presented in Section 4, below, it is worthwhile to spell out the decomposition of TFP growth by industry. Using the Domar approach to aggregation, industry-level productivity growth is weighted by the ratio of the gross output of each industry to aggregate value-added in order to estimate the industry contribution to aggregate TFP growth. In the dual approach, the rate of productivity growth is measured as the decline in the price of output, plus a weighted average of the growth rates of input prices.

In the case of computer production, this expression is dominated by two terms; namely, the price of computers and the price of semi-conductors, a primary intermediate input to the computer-producing industry. If semi-conductor industry output is used only as an intermediate good to produce computers, then its contribution to the productivity growth of the computer industry, weighted by computer industry output, precisely cancels its inde-

pendent contribution to aggregate TFP growth.[33] This independent contribution from the semi-conductor industry, based on the complete Domar weighting scheme, is the value of semi-conductor output divided by aggregate value added, multiplied by the rate of price decline in semi-conductors.

In Table 2.5, we report details of our TFP decomposition for the three alternative cases described above for 1990-95 and 1995-98 and summarize the IT vs. non-IT comparison in Figure 2.10. In our Base case, using official NIPA data, we estimate that the production of information technology accounts for 0.44 percentage points in 1995-98, compared to 0.25 percentage points in 1990-95. This reflects the accelerating relative price changes due to a radical shortening of the product cycle of semi-conductors.[34]

As we have already noted, the estimates of price declines for high-tech investments in our Base case calculations may be conservative; in fact, these estimates may be *very* conservative. Consider the Moderate Price Decline case, which reflects only part of the data we would require for constant-quality estimates of the information technology price declines. This boosts the contribution of information technology to TFP growth to 0.64 percentage points, an increase of 0.20 percentage points for 1995-98. Proceeding to what may appear to be the outer limit of plausibility, but still consistent with the available evidence, we can consider the Rapid Price Decline case. The contribution of information technology to TFP growth is now a robust 0.86 percentage points, accounting for all of TFP growth during 1995-98.

As a final observation from the TFP decomposition, we note that the acceleration of TFP in the late 1990s does not appear to be entirely located within IT-producing industries. While the actual growth rates vary considerably across our three alternative cases, non-IT TFP growth increased markedly in each case when the early 1990s are compared to the late 1990s. This runs counter to the conclusion of Gordon (1999b), who reports that the entire acceleration of labour productivity growth in the late 1990s reflects gains in IT-production. This divergence likely reflects Gordon's detrending procedure, which attributes a sizeable portion of the recent productivity growth to cyclical factors, as well as his focus on labour productivity and our focus on TFP growth.

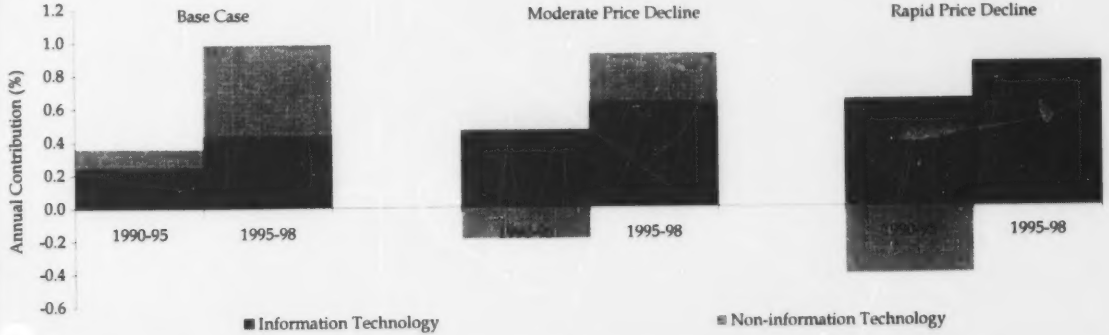
Table 2.5
Information Technology Decomposition of TFP Growth for Alternative Deflation Cases, 1990-98

	Base Case		Moderate Price Decline		Rapid Price Decline	
	1990-95	1995-98	1990-95	1995-98	1990-95	1995-98
Aggregate TFP Growth	0.36	0.99	0.27	0.93	0.23	0.85
	TFP Contribution					
Information Technology	0.25	0.44	0.46	0.64	0.64	0.86
Computers	0.16	0.32	0.16	0.32	0.16	0.32
Software	0.05	0.08	0.17	0.18	0.28	0.34
Communications Equipment	0.04	0.04	0.13	0.13	0.21	0.20
Non-information Technology	0.11	0.55	-0.19	0.29	-0.41	-0.01
	Relative Price Change					
Computers	-16.6	-29.6	-16.6	-29.6	-16.6	-29.6
Software	-3.4	-4.2	-11.3	-9.7	-18.0	-18.0
Communications Equipment	-3.5	-3.8	-12.7	-12.7	-19.9	-19.9
	Average Nominal Share					
Computers	0.96	1.09	0.96	1.09	0.96	1.09
Software	1.54	1.88	1.54	1.88	1.54	1.88
Communications Equipment	1.05	1.02	1.05	1.02	1.05	1.02

Note: The Base case uses official NIPA price data. The Moderate Price Decline case uses the pre-packaged software deflator for all software and -10.7 percent for communications equipment. The Rapid Price Decline case uses -16 percent for software and -17.9 percent for communications equipment. See the text for details and sources. A TFP contribution is defined as the share-weighted growth rate of relative prices.

Figure 2.10

TFP Decomposition for Alternative Deflation Cases



Note: The annual contribution of information technology is the share-weighted decline in relative prices.

This acceleration of non-IT TFP growth could also be interpreted as evidence of a "new economy." If these productivity gains do indeed reflect spillovers from IT into non-IT industries, this would provide some missing evidence for the new economy side. Alternatively, this could reflect technological progress in non-IT industries that is entirely independent of the IT revolution. Differentiation between these two hypotheses is impossible at the aggregate level, and requires detailed industry data for the most recent period of 1995-98. Without this data, identification problems prevent us from drawing firm conclusions about the sources and implications of the acceleration of TFP in non-IT industries.

2.3 Setting the Speed Limit

WE NOW CONSIDER THE SUSTAINABILITY of recent U.S. growth trends over longer time horizons. Rapid output growth is highly desirable, of course, but cannot continue indefinitely if it is fuelled by a falling unemployment rate and higher labour force participation. Output growth driven by continuing TFP improvements, on the other hand, is more likely to persist. The sustainability of growth has clear implications for government policies. Since economic growth affects tax revenues, potential government expenditures and the long-term viability of programs like Social Security and Medicare, it is closely monitored by government agencies. This section examines the impact of the recent success of the U.S. economy on official growth forecasts.

2.3.1 A Brief Review of Forecast Methodologies

The importance of economic growth for the U.S. government is evident in the considerable effort expended on projecting future growth. No fewer than five government agencies – the Congressional Budget Office (CBO), the Social Security Administration (SSA), the Office of Management and Budget (OMB), the Council of Economic Advisors (CEA), and the General Accounting Office (GAO) – report estimates of future growth for internal use or public discussion. This section briefly discusses the methodologies employed by these agencies.[35]

All forecasts are based on models that rest securely on neoclassical foundations. While the details and assumptions vary, all employ an aggregate production model similar to Equation (1), either explicitly or implicitly. In addition, they all

incorporate demographic projections from the SSA as the basic building block for labour supply estimates. The CBO (1995, 1997, 1999a, 1999b, 2000) and the GAO (1995, 1996) employ an aggregate production function and describe the role of labour growth, capital accumulation, and technical progress explicitly. On the other hand, the SSA (1992, 1996), the OMB (1997, 2000), and the CEA (2000) employ a simplified relationship where output growth equals the sum of the growth in hours worked and labour productivity. Projections over longer time horizons are driven by aggregate supply with relatively little attention paid to business cycle fluctuations and aggregate demand effects.

Given the common framework and source data, it is not surprising that the projections are quite similar. Reporting on estimates released in 1997, Stiroh (1998b) finds that the SSA and the GAO projections of per capita GDP in 2025 were virtually identical, while that of the CBO was about 9 percent higher due to economic feedback effects from the improving government budget situation. More recently, the CBO (2000) projects real GDP growth of 2.8 percent and the OMB (2000) projects 2.7 percent for the period 1999-2010, while the CEA (2000) reports 2.8 percent for 1999-2007. Although the timing is slightly different – the CBO projects faster growth than the OMB earlier in the period and the CEA reports projections only through 2007 – the estimates are virtually identical. All three projections identify the recent investment boom as a contributor to rising labour productivity and capital deepening and as a source of continuing economic growth. We now consider the CBO projections in greater detail.

2.3.2 CBO's Growth Projections

The CBO utilizes a sophisticated and detailed, multi-sector growth model of the U.S. economy.[36] The core of this model is a two-factor production function for the non-farm business sector, with CBO projections based on labour force growth, national savings and investment, and exogenous TFP growth. Production function parameters are calibrated to historical data, using a Cobb-Douglas model:

$$(6) \qquad Y = A \cdot H^{0.7} \cdot K^{0.3}$$

where Y is potential output, H is potential hours worked, K is capital input, and A is potential total factor productivity.[37]

The CBO projects hours worked on the basis of demographic trends, with separate estimates for different age and sex classifications. These estimates incorporate the SSA estimates of population growth, as well as internal CBO projections of labour force participation and hours worked for the different categories. However, the CBO does not use this demographic detail to identify changes in labour quality. Capital input is measured as the service flow from four types of capital stocks – producers' durable equipment excluding computers, non-residential structures, and inventories. Stocks are estimated by the perpetual inventory method and weighted by rental prices, thereby incorporating some changes in capital quality. TFP growth is projected on the basis of recent historical trends, with labour quality growth implicitly included in CBO's estimate of TFP growth.

Turning to the most recent CBO projections, reported in CBO (2000), we focus on the non-farm business sector, which drives the GDP projections and is based on the most detailed growth model. Table 2.6 summarizes the CBO's growth rate estimates for the 1980s and 1990s, and projections for 1999-2010. We also present estimates from the BLS (2000) and our results.[38] The CBO projects potential GDP growth of 3.1 percent for 1999-2010, up slightly from 3.0 percent in the 1980s and 2.9 percent in the 1990s. The CBO expects actual GDP growth to be somewhat slower at 2.8 percent, as the economy moves to a sustainable, long-run growth rate. Acceleration in potential GDP growth reflects faster capital accumulation and TFP growth, partly offset by slower growth in hours worked. Projected GDP growth is 0.4 percent higher than earlier estimates (CBO, 1999b) due to an upward revision in capital growth (0.1 percent), slightly more rapid growth in hours worked (0.1 percent), and faster TFP growth, reflecting the benchmark revisions of NIPA, and other technical changes (0.2 percent).[39] The CBO's estimates for the non-farm business sector show strong potential output growth of 3.5 percent for 1999-2010. While projected output growth is in line with the experience of the 1990s and somewhat faster than the 1980s, there are significant differences in the underlying sources. Most important, the CBO projects an increasing role for capital accumulation and TFP growth over the next decade, while the growth in the number of hours worked will slow. This implies that future output growth will be driven by ALP growth, rather than the growth in hours worked.

Table 2.6
Growth Rates of Output, Inputs, and Total Factor Productivity, Comparison of the BLS, the CBO, and Jorgenson-Stiroh

	BLS	CBO						Jorgenson-Stiroh	
	Non-farm Business	Overall Economy			Non-farm Business				
	1990-99	1980-90	1990-99	1999-2010	1980-90	1990-99	1999-2010	1980-90	1990-98
Real Output	3.74	3.0	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.48	3.55
Labour Input								2.14	2.34
Hours Worked	1.68	1.6	1.2	1.1	1.6	1.5	1.2	1.81	1.76
Labour Quality								0.33	0.58
Capital Input					3.6	3.6	4.4	3.57	3.68
TFP - not adjusted for labour quality					0.9	1.2	1.4	0.91	0.97
TFP - adjusted for labour quality								0.73	0.63
ALP	2.06	1.4	1.7	1.9	1.5	1.9	2.3	1.67	1.79

Note: The CBO estimates refer to "potential" series that are adjusted for business cycle effects. Growth rates do not exactly match those of Table 2.5 since discrete growth rates are used here for consistency with CBO's methodology. Hours worked for CBO Overall Economy refers to potential labour force.

The CBO projects that potential non-farm business ALP growth for 1999-2010 will rise to 2.3 percent, powered by capital deepening (3.2 percent) and TFP growth (1.4 percent). This represents a marked jump in ALP growth, relative to the rate of 1.5 percent recorded in the 1980s and of 1.9 percent recorded in the 1990s. In considering whether the recent acceleration in ALP growth represents a trend break, the CBO "gives considerable weight to the possibility that the experience of the past few years represents such a break (CBO, 2000, p. 43)." This assumption appears plausible given recent events, and low unemployment and high labour force participation make growth in hours worked a less likely source of future growth. Falling investment prices for information technology make capital deepening economically attractive, while the recent acceleration in TFP growth gives further grounds for optimistic projections.

As the investment boom continues and firms substitute more information technology in their production, the CBO has steadily revised its projected growth rates of capital upward. It is worthwhile to note just how much the role of capital accumulation has grown in successive CBO projections, rising from a projected growth rate of 3.6 percent in January 1999 (CBO, 1999a) to 4.1 percent in July 1999 (CBO, 1999b), to 4.4 percent in January 2000 (CBO, 2000). This reflects the inclusion of relatively fast-growing software investment in the benchmark revision of NIPA, but also extrapolates recent investment patterns.

Similarly, the CBO has raised its projected rate of TFP growth in successive estimates – from 1.0 percent in January 1999 to 1.1 percent in July 1999, to 1.4 percent in January 2000.[40] These upward revisions reflect methodological changes in the way the CBO accounts for the rapid price declines in investment, particularly computers, which added 0.2 percent. The CBO adjustments for the benchmark revision of NIPA contributed another 0.1 percent.

Table 2.6 also reports our own estimates of growth for roughly comparable periods. While the time periods are not precisely identical, our results are similar to CBO's. We estimate slightly faster growth during the 1980s, due to rapidly growing consumers' durable services, but slightly lower rates of capital accumulation due to our broader measure of capital. Our growth of hours worked is higher, since we omit the cyclical adjustments made by the CBO to develop their potential series.[41] Finally, our TFP growth rates are considerably lower, due to our labour quality adjustments and inclusion of consumers' durables. If we were to drop the labour quality adjustment,

our estimate would rise to 1.0 percent per year from 1990 to 1998, compared to 1.2 percent for the CBO over 1990-99. The remaining difference reflects the fact that we do not include the rapid TFP growth of 1999, but do include the services of consumers' durables, which involve no growth in TFP.

2.3.3 Evaluating the CBO's Projections

Evaluating the CBO's growth projections requires an assessment of their estimates of the growth of capital, labour, and TFP. It is important to emphasize that this is not intended as a criticism of the CBO, but rather a description of "best practice" in the difficult area of growth projections. We also point out that comparisons between our estimates and the CBO's estimates are not exactly due to our broader output concept and our focus on actual data series, as opposed the potential series that are the focus of the CBO.

We begin with the CBO's projections for potential labour input. These data, based on the hours worked from the BLS and SSA demographic projections, show a decline in the growth of hours worked from 1.5 percent in the 1990s to 1.2 percent for the period 1999-2010. This slowdown reflects familiar demographic changes associated with the aging of the U.S. population. However, the CBO does not explicitly estimate labour quality, so that labour composition changes are included in the CBO's estimates of TFP growth and essentially held constant.

We estimate growth in labour quality of 0.57 percent per year for 1990-98, while our projections based on demographic trends yield a growth rate of only 0.32 percent for the 1998-2010 period. Assuming the CBO's labour share of 0.70, this implies a decline in the contribution from labour quality to growth of about 0.18 percentage points per year over CBO's projection horizon. Since this labour quality effect is implicitly incorporated into the CBO's TFP estimates, we conclude that their TFP projections are overstated by this 0.18 percentage points decline in the labour quality contribution.

TFP growth is perhaps the most problematic issue in long-term projections. Based on the recent experience of the U.S. economy, it appears reasonable to expect strong future productivity performance. As discussed above and shown in Table 2.2, TFP growth has increased markedly during the period 1995-98. However, extrapolation of this experience runs the risk of assuming that a temporary productivity spurt is a permanent change in trend.

Second, the recent acceleration of TFP growth is due in considerable part to the surge in productivity growth in IT-producing industries. This makes the economy particularly vulnerable to slowing productivity growth in these industries. Computer prices have declined at extraordinary rates in recent years and it is far from obvious that this can continue. However, acceleration in the rate of decline reflects the change in the product cycle for semi-conductors, which has shifted from three years to two years and may be permanent.

We conclude that the CBO's projection of TFP growth is optimistic in assuming a continuation of recent productivity trends, but nonetheless reasonable. However, we reduce this projection by only 0.18 percent per year to reflect the decline in labour quality growth, resulting in projected TFP growth of 1.22 percent per year. To obtain a projection of labour input growth we add labour quality growth of 0.32 percent per year to the CBO's projection of growth in hours worked of 1.2 percent per year. Multiplying a labour input growth of 1.52 percent per year by the CBO labour share of 0.7, we obtain a contribution of labour input of 1.06 percent.

The CBO's projected annual growth of capital input of 4.4 percent is higher than in any other decade, and 0.8 percent higher than in the 1990s.[42] This projection extrapolates recent increases in the relative importance of computers, software, and communications equipment. Continuing rapid capital accumulation is also predicated on the persistence of high rates of decline in asset prices, resulting from rapid productivity growth in the IT producing sectors. Any attenuation in this rate of decline would produce a double whammy – less TFP growth in IT-producing industries and reduced capital deepening elsewhere.

Relative to historical trends, the CBO's capital input growth projection of 4.4 percent seems out of line with the projected growth of potential output of 3.5 percent. During the 1980s, capital growth exceeded potential output growth by 0.4 percent, according to their estimates, or 0.1 percent in our estimates. In the 1990s, capital growth exceeded output growth by only 0.2 percent, again according to their estimates, and 0.1 percent in our estimates. This difference jumps to 0.9 percent for the period covered by the CBO's projections, that is 1999-2010.

Revising the growth of capital input downward to reflect the difference of 0.2 percent between the growth of output and the growth of capital input during the period 1995-98 would reduce the CBO's projected output growth

to 3.35 percent per year. This is the sum of the projected growth of TFP of 1.22 percent per year, the contribution of labour input of 1.06 percent per year, and the contribution of capital input of 1.07 percent per year. This is a very modest reduction in output growth from the CBO's projection of 3.5 percent per year that can be attributed to the omission of a projected decline in labour quality growth.

We conclude that the CBO's projections are consistent with the evidence presented, as well as with our own analysis of recent trends. We must emphasize, however, that any slowdown of the technical progress in information technology could have a major impact on potential growth. Working through both output and input channels, the U.S. economy has become highly dependent on information technology as the driving force behind continued growth. Should productivity growth in these industries falter, the projections we have reviewed could be overly optimistic.

2.4 Industry Productivity

WE HAVE EXPLORED THE SOURCES of U.S. economic growth at the aggregate level and demonstrated that accelerated TFP growth is an important contributor to the recent growth resurgence. Aggregate TFP gains – the ability to produce more output from the same inputs – reflects the evolution of the production structure at the plant or firm level in response to technological changes, managerial choices, and economic shocks. These firm- and industry-level changes then cumulate to determine aggregate TFP growth. We now turn our attention to industry data to trace aggregate TFP growth to its sources in the productivity growth of individual industries, as well as the reallocations of output and inputs among industries.

Our approach utilizes the framework of Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987) for quantifying the sources of economic growth in U.S. industries. The industry definitions and data sources have been brought up-to-date. The methodology of Jorgenson, Gollop, and Fraumeni for aggregating over industries is based on Domar's (1961) approach to aggregation. Jorgenson and Stiroh (2000) have presented summary data from our work; other recent studies of industry-level productivity growth include BLS (1999), Corrado and Slifman (1999), and Gullickson and Harper (1999). The remainder of this section summarizes our methodology and discusses the results.

2.4.1 Methodology

As with the aggregate production model discussed in Section 2, we begin with an industry-level production model for each industry. A crucial distinction, however, is that industry output Q_i is measured using a "gross output" concept, which includes output sold to final demand as well as output sold to other industries as intermediate goods. Similarly, inputs include all production inputs, including capital services K_i and labour services L_i, as well as intermediate inputs, energy E_i and materials M_i, purchased from other industries.[43] Our model is based on the industry production function:

$$(7) \qquad Q_i = A_i \cdot X_i(K_i, L_i, E_i, M_i)$$

where time subscripts have been suppressed for clarity.

We can derive a growth accounting equation similar to Equation (2) for each industry in order to measure the sources of economic growth for individual industries. The key difference is the use of gross output and an explicit accounting of the contribution to growth of intermediate inputs purchased from other industries. This yields:

$$(8) \qquad \Delta \ln Q_i = \overline{w}_{K_i} \Delta \ln K_i + \overline{w}_{L_i} \Delta \ln L_i + \overline{w}_{E_i} \Delta \ln E_i + \overline{w}_{M_i} \Delta \ln M_i + \Delta \ln A_i$$

where $\overline{w}_i$ is the average share of the subscripted input in the ith industry, and the assumptions of constant returns to scale and competitive markets imply that $\overline{w}_{K_i} + \overline{w}_{L_i} + \overline{w}_{E_i} + \overline{w}_{M_i} = 1$.

The augmentation factor $\Delta \ln A_i$ represents the growth in output not explained by input growth and is conceptually analogous to the TFP concept used above in the aggregate accounts. It represents efficiency gains, technological progress, scale economies, and measurement errors that allow more measured gross output to be produced from the same set of measured inputs. We refer to this term as *industry productivity* or simply *productivity* to distinguish it from TFP, which is estimated from a value-added concept of output.[44]

Domar (1961) first developed an internally consistent methodology that linked industry-level productivity growth in Equation (8) with aggregate TFP growth in Equation (2). He showed that aggregate TFP growth can be expressed as a weighted average of industry productivity growth:

$$(9) \qquad \Delta \ln A = \sum_{i=1}^{37} \overline{w}_i \cdot \Delta \ln A_i, \quad \overline{w}_i = \frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,t} \cdot Q_{i,t}}{P_{Y,t} \cdot Y_t} + \frac{P_{i,t-1} \cdot Q_{i,t-1}}{P_{Y,t-1} \cdot Y_{t-1}} \right)$$

where $\overline{w}_i$ is the "Domar weight", $P_i \cdot Q_i$ is current dollar gross output in sector i, and $P_Y \cdot Y$ is current dollar aggregate value-added. This simplified version of the aggregation formula given by Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987), excludes re-allocations of value added, capital input, and labour input by sector. Jorgenson and Stiroh (2000) show that these terms are negligible for the period 1958-96, which is consistent with the results of Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987), and Jorgenson (1990) for periods of similar duration.

Domar weights have the notable feature of not summing up to unity. This reflects the different output concepts used at the aggregate and industry levels in Equations (1) and (7), respectively. At the aggregate level, only primary inputs are included, while both primary and intermediate inputs are included in the industry production functions. For the typical industry, gross output considerably exceeds value added, so the sum of gross output across industries exceeds the sum of value added. This weighting methodology implies that economy-wide TFP growth can grow faster than productivity in any industry, since productivity gains are magnified as they work their way through the production process.[45]

In addition to providing an internally consistent aggregation framework, industry-level gross output allows an explicit role for intermediate goods as a source of industry growth. For example, Triplett (1996) shows that a substantial portion of the price declines in computer output can be traced to steep price declines in semi-conductors, the major intermediate input in the computer-producing industry. Price declines in semi-conductors reflect technological progress – Moore's law in action. This should be measured as productivity growth in the industry that produces semi-conductors. By correctly accounting for the quantity and quality of intermediate inputs, the gross output concept allows aggregate TFP gains to be correctly allocated among industries.

2.4.2 Data Sources

Our primary data include a set of inter-industry transactions accounts developed by the Employment Projections Office of the BLS. The data cover a relatively short time period from 1977 to 1995. We linked the BLS estimates to industry-level estimates back to 1958, described by Stiroh (1998a), and extrapolated to 1996 using current BLS and BEA industry data.[46] This generated a time series from 1958 to 1996 for 37 industries, at roughly the two-digit Standard Industrial Classification (SIC) level, including Private Households and General Government.[47] Table 2.7 lists the 37 industries, the relative size in terms of 1996 value added and gross output, and the underlying SIC codes for each industry.

Before proceeding to the empirical results, we should point out two limitations of this industry-level analysis. Due to the long lag in obtaining detailed inter-industry transactions, investment, and output data by industry, our industry data are not consistent with the BEA benchmark revision of NIPA published in December 1999; they correspond to the NIPA produced by the BEA in November 1997. As a consequence, they are not directly comparable to the aggregate data described in Tables 2.1 through 2.6. Since the impact of the benchmark revision was to raise output and aggregate TFP growth, it is not surprising that the industry data show slower output and productivity growth. In addition, our estimates of rental prices for all assets in this industry analysis are based on the industry-wide asset revaluation terms, as in Stiroh (1998a). They are not directly comparable to the aggregate data on capital input, where asset-specific revaluation terms are included in the rental price estimates. The use of industry-wide revaluation terms tends to reduce the growth in capital services since assets with falling relative prices, such as computers, have large service prices and rapid accumulation rates.

Table 2.7
1996 Value Added and Gross Output by Industry

Industry	SIC Codes	Value Added	Gross Output
Agriculture	01-02, 07-09	133.3	292.2
Metal Mining	10	8.8	10.7
Coal Mining	11-12	14.7	21.1
Petroleum and Gas	13	57.4	83.3
Non-metallic Mining	14	10.5	17.0
Construction	15-17	336.0	685.5
Food Products	20	147.2	447.6
Tobacco Products	21	26.7	32.7
Textile Mill Products	22	19.9	58.9
Apparel and Textiles	23	40.7	98.5
Lumber and Wood	24	34.2	106.7
Furniture and Fixtures	25	23.4	54.5
Paper Products	26	68.3	161.0
Printing and Publishing	27	113.5	195.6
Chemical Products	28	184.0	371.2
Petroleum Refining	29	44.7	184.3
Rubber and Plastic	30	64.1	148.9
Leather Products	31	3.4	8.1
Stone, Clay, and Glass	32	40.4	79.1
Primary Metals	33	57.6	182.1
Fabricated Metals	34	98.4	208.8
Industrial Machinery and Equipment	35	177.8	370.5
Electronic and Electric Equipment	36	161.9	320.4
Motor Vehicles	371	84.9	341.6
Other Transportation Equipment	372-379	68.0	143.8
Instruments	38	81.3	150.0
Miscellaneous Manufacturing	39	24.8	49.3
Transport and Warehouse	40-47	258.6	487.7
Electric Utilities	491, 493	111.8	186.7
Gas Utilities	492, 493, 496	32.9	57.9
Trade	50-59	1,201.2	1,606.4
FIRE	60-67	857.8	1,405.1
Services	70-87, 494-495	1,551.9	2,542.8
Government Enterprises		95.2	220.2
Private Households	88	1,248.4	1,248.4
General Government		1,028.1	1,028.1

Note: All values are in current dollars. Value added refers to payments to capital and labour. Gross output includes payments for intermediate inputs.

2.4.3 Empirical Results

2.4.3.a Sources of Industry Growth

Table 2.8 reports estimates of the components of Equation (8) for the period 1958-96. For each industry, we show output growth, the contribution of each input (defined as the nominal share-weighted growth rate of the input), and productivity growth. We also report average labour productivity (ALP) growth, defined as real gross output per hour worked, and the Domar weights calculated from Equation (9). We focus the discussion of our results on industry productivity and ALP growth.

Industry productivity growth was the highest in two high-tech industries, Industrial Machinery and Equipment, and Electronic and Electric Equipment, at 1.5 percent and 2.0 percent per year, respectively. Industrial Machinery includes the production of computer equipment (SIC no. 357) and Electronic Equipment includes the production of semi-conductors (SIC no. 3674) and communications equipment (SIC no. 366). The enormous technological progress in the production of these high-tech capital goods has generated falling prices and productivity growth, and fuelled the substitution towards information technology.

An important feature of the data is that productivity growth can be isolated for industries that produce intermediate goods, for example, Electronic and Electric Equipment.[48] Consider the contrast between computer production and semi-conductor production. Computers are part of final demand, sold as consumption and investment goods, and can be identified in the aggregate data, as was done in Table 2.2. Semi-conductors, on the other hand, do not appear at the aggregate level, since they are sold almost entirely as an input to computers, telecommunications equipment, and an increasingly broad range of other products such as machine tools, automobiles, and virtually all recent vintages of appliances. Nonetheless, improved semi-conductor production is an important source of aggregate TFP growth since it is ultimately responsible for the lower prices and improved quality of goods like computers produced for final demand.

The enormous price declines in computer equipment and the prominent role of investment in computers in the GDP accounts have led Gordon (1999b), Whelan (1999), and others to emphasize technological progress in the production of computers. Triplett (1996), however, quantifies the role of semi-conductors as an intermediate input and estimates that falling semi-conductor prices may account for virtually all of the relative price decline in

computer equipment. He concludes, "productivity in the computer industry palls beside the enormous increases in productivity in the semi-conductor industry (Triplett, 1996, p. 137)."[49]

The decline in the prices of semi-conductors is reflected in the prices of intermediate input into the computer industry, effectively moving productivity away from computers and toward semi-conductor production. Building on this observation, Oliner and Sichel (2000) present a model that includes 3 sectors – semi-conductor production, computer production, and other goods – and shows that productivity in the semi-conductors sector is substantially more important than productivity in the computer sector. Our complete industry framework with Domar aggregation over all industries captures the contributions of productivity growth from all industries.

The impact of intermediate inputs can be seen in Table 2.8 in the large contribution of material inputs in the Industrial Machinery industry. Since a substantial portion of these inputs consists of semi-conductors purchased from the Electronic Equipment industry, productivity gains that lower the prices of semi-conductors increase the flow of intermediate inputs into the Industrial Machinery industry. By correctly accounting for these inputs, industry productivity growth in the Industrial Machinery industry falls, and we can rightly allocate technological progress to the Electronic Equipment industry, which produces semi-conductors. While this type of industry reallocation does not affect aggregate productivity growth, it is important to identify the sources of productivity growth and allocate the latter among industries in order to assess the sustainability of the recent acceleration in productivity.

The two high-tech industries also show high rates of average labour productivity (ALP) growth, respectively 3.1 and 4.1 percent per year. This reflects an underlying relationship similar to Equation (3) for the aggregate data, where industry ALP growth reflects industry productivity growth, labour quality growth, and increases in input intensity, including increases in capital as well as intermediate inputs per hour worked. As implied by Table 2.8, these industries showed rapid accumulation of capital and intermediate inputs, which raised ALP growth above productivity growth. It is also worthwhile to note that Communications, another high-tech industry, shows an ALP growth much faster than industry productivity growth due to the rapid accumulation of inputs, notably intermediate materials. These results highlight the crucial importance of accounting for all inputs when examining the sources of industry growth.

Table 2.8
Sources of U.S. Economic Growth by Industry, 1958-96

Industry	Output Growth	Contributions of Inputs				Productivity Growth	ALP Growth	Domar Weight
		Capital	Labour	Energy	Materials			
Agriculture	1.70	0.19	-0.13	-0.04	0.51	1.17	3.21	0.062
Metal Mining	0.78	0.73	-0.07	-0.07	-0.26	0.44	0.99	0.003
Coal Mining	2.35	0.82	0.00	0.06	0.63	0.84	2.32	0.005
Petroleum and Gas	0.43	0.61	-0.01	0.06	0.20	-0.44	0.88	0.022
Non-metallic Mining	1.62	0.59	0.18	0.06	0.34	0.46	1.52	0.003
Construction	1.43	0.07	0.87	0.02	0.91	-0.44	-0.38	0.113
Food Products	2.20	0.21	0.18	0.00	1.27	0.54	1.59	0.076
Tobacco Products	0.43	0.59	0.05	0.00	-0.01	-0.20	0.88	0.004
Textile Mill Products	2.23	0.12	0.02	0.01	0.86	1.23	2.54	0.013
Apparel and Textiles	2.03	0.24	0.17	0.00	0.82	0.80	2.01	0.022
Lumber and Wood	2.24	0.21	0.33	0.02	1.70	-0.02	1.55	0.015
Furniture and Fixtures	2.91	0.31	0.58	0.02	1.44	0.56	1.78	0.007
Paper Products	2.89	0.50	0.40	0.05	1.51	0.42	1.96	0.022
Printing and Publishing	2.51	0.55	1.20	0.02	1.19	-0.44	0.14	0.024
Chemical Products	3.47	0.74	0.47	0.09	1.58	0.58	2.02	0.048
Petroleum Refining	2.21	0.44	0.24	0.49	0.71	0.33	0.80	0.033
Rubber and Plastic	5.17	0.47	1.16	0.08	2.43	1.04	1.94	0.016
Leather Products	-2.06	-0.11	-1.13	-0.02	-1.08	0.28	2.08	0.004
Stone, Clay, and Glass	1.86	0.26	0.37	0.00	0.82	0.41	1.30	0.014
Primary Metals	1.14	0.13	0.05	-0.03	0.77	0.22	1.51	0.040

Table 2.8 (cont'd)

Industry	Output Growth	Contributions of Inputs				Productivity Growth	ALP Growth	Domar Weight
		Capital	Labour	Energy	Materials			
Fabricated Metals	2.28	0.26	0.28	0.00	1.09	0.65	1.88	0.035
Industrial Machinery and Equipment	4.79	0.52	0.75	0.02	2.04	1.46	3.15	0.048
Electronic and Electric Equipment	5.46	0.76	0.65	0.03	2.04	1.98	4.08	0.036
Motor Vehicles	3.61	0.28	0.29	0.02	2.78	0.24	2.28	0.043
Other Transportation Equipment	1.31	0.23	0.37	0.00	0.52	0.18	1.00	0.027
Instruments	5.23	0.65	1.44	0.03	1.99	1.12	2.57	0.017
Miscellaneous Manufacturing	2.53	0.34	0.41	0.00	0.95	0.82	2.08	0.008
Transport and Warehouse	3.25	0.20	0.72	0.12	1.34	0.86	1.74	0.061
Communications	5.00	1.62	0.53	0.02	1.95	0.88	3.93	0.033
Electric Utilities	3.22	1.01	0.20	0.67	0 83	0.51	2.52	0.026
Gas Utilities	0.56	0.66	-0.04	0.14	0.05	-0.24	0.94	0.016
Trade	3.66	0.62	0.83	0.04	1.19	0.98	2.49	0.195
FIRE	3.42	1.14	0.94	0.00	1.52	-0.18	0.66	0.131
Services	4.34	0.84	1.70	0.07	1.92	-0.19	0.92	0.208
Government Enterprises	2.86	1.24	1.08	0.23	0.83	-0.52	0.49	0.022
Private Households	3.50	3.55	-0.06	0.00	0.00	0.00	5.98	0.137
General Government	1.35	0.60	0.75	0.00	0.00	0.00	0.46	0.131

Note: Output growth is the average annual growth in real gross output. The contributions of inputs are defined as the average, share-weighted growth of the individual input. Productivity growth is defined in Equation (8). ALP growth is the growth in average labour productivity. The Domar weight is the average ratio of industry gross output to aggregate value added, as defined in Equation (9). All numbers except Domar weights are percentages.

Productivity growth in information technology provides a final perspective on the conclusions of Greenwood, Hercowitz, and Krusell (1997), and Hercowitz (1998). They argue that some 60 percent of post-war U.S. growth can be attributed to investment-specific (embodied) productivity growth, which they distinguish from input accumulation and (disembodied) productivity growth. They note that the relative price of equipment in the United States has fallen 3 percent per year, which they interpret as evidence of technical change that affects capital goods, but not consumption goods. Our decomposition, however, reveals that declines in the prices of investment goods are the consequence of improvements in industry (disembodied) productivity. The Domar aggregation shows how these improvements contribute directly to aggregate TFP growth. There is no separate role for investment-specific technical change.

Other industries that show relatively strong productivity growth include Agriculture, Textile Mill Products, Rubber and Plastic, Instruments, and Trade. All of these industries recorded productivity growth in the 1.0 percent per year range, and ALP growth in the 2 to 3 percent range. Industries with the slowest productivity growth include Petroleum and Gas, Construction, Printing and Publishing, and Government Enterprises, all of which showed a decline in productivity of nearly 0.5 percent per year.

It is worth emphasizing that 9 industries showed negative productivity growth over the entire period, a counter-intuitive result if we were to interpret productivity growth solely as technological progress. It is difficult to envision technology steadily worsening for a period of nearly 40 years as implied by these estimates. The perplexing phenomenon of negative technical progress was a primary motivation for the work of Corrado and Slifman (1999), and Gullickson and Harper (1999), who suggest persistent measurement problems as a plausible explanation. Corrado and Slifman (1999) conclude, "a more likely statistical explanation for the implausible productivity, profitability, and price trends... is that they reflect problems in measuring prices (p. 331)." If prices are systematically overstated because quality change is not accurately measured, then output and productivity are correspondingly understated. We do not pursue this idea here, but simply point out that measurement problems are considered a reasonable explanation by some statistical agencies.[50]

An alternative interpretation for negative productivity growth is the possibility of declines in efficiency that have no association with technology. These might include lower quality of management and a worsening of industrial organization as barriers to entry are raised. This appears to be a plausible explanation, given the widespread occurrence of negative productivity growth for extended periods of time. Until more careful research linking firm- and plant-level productivity to industry productivity estimates has been done, it would be premature to leap to the conclusion that estimates of economic performance should be adjusted so as to eliminate negative productivity growth rates, wherever they occur.

Low productivity growth rates are surprising in light of the fact that many of the affected industries are heavy investors in information technology. Stiroh (1998a), for example, reports that nearly 80 percent of computer investment in the early 1990s was in three service-related industries: Trade, FIRE, and Services. Triplett (1999) reports a high concentration in service industries using the BEA's capital use survey. The apparent combination of slow productivity growth and heavy computer-use remains an important obstacle for new economy proponents who argue that the use of information technology is fundamentally changing business practices and raising productivity throughout the U.S. economy.

2.4.3.b Comparison with Other Results

Before proceeding to the Domar aggregation results, it is useful to compare these results to those of three other recent studies – BLS (1999), Corrado and Slifman (1999), and Gullickson and Harper (1999). BLS (1999) reports industry productivity growth ("industry multifactor productivity" in their terminology) for 19 manufacturing industries over 1949-96. Corrado and Slifman (1999) report estimates of ALP growth for selected one- and two-digit SIC industries over the period 1977-97. Gullickson and Harper (1999) report industry productivity growth for certain one- and two-digit SIC industries based on two output series for the period 1947-92. Similar to BLS (1999), Gullickson and Harper use a "sectoral output" concept estimated by the Employment Projections staff at the BLS; also, for 1977-92, they use the BEA's gross output series, "adjusted for consistency."[51] Note that none of these studies reflect the BEA benchmark revision of NIPA.

Differences in time periods, industry classifications, and methodologies make a definitive reconciliation with our results impossible. For example,

the BLS (1999) reports detailed manufacturing industries; Corrado and Slifman (1999) use a value-added concept, the BEA's "gross product originating," for output; Gullickson and Harper (1999) use the same data sources as we do, but make different adjustments for consistency and do not account for labour quality growth. Nonetheless, it is useful to compare broad trends over similar time periods to assess the robustness of our findings.

We first consider the ALP estimates produced by Corrado and Slifman (1999). We can compare similar time periods, but there are relatively few overlapping industries since our industry breakdown focuses on manufacturing industries, while they provide details primarily for service industries. For comparable industries, however, the results are quite similar. For 7 industries with comparable definitions, 5 show differences in ALP growth of less than 0.25 percent when we compare our estimates for 1977-96 to Corrado and Slifman's estimates for 1977-97 (Corrado and Slifman, 1999, Table 2.2).[52] Our ALP growth rates for Communication and Trade are below theirs by 1.3 percent and 0.4 percent, respectively, for these periods.

For the majority of industries, our productivity estimates for 1977-92 are similar to those of Gullickson and Harper (1999). The range of discrepancies is somewhat greater due to the difficulty of linking the various data sets needed to estimate intermediate inputs and industry productivity growth. For 7 of the 11 comparable industries, productivity differences are below 0.5 percent, while we found larger discrepancies for Metal Mining, Coal Mining, Petroleum and Gas, and Services.[53] Similar differences can also be seen in Gullickson and Harper's comparison of productivity growth estimated from the BLS and BEA gross output series, where they find differences of 0.5 percentage points or more in 17 out of 40 industries and aggregates. Methodological differences, such as the inclusion of labour quality growth in our estimates of labour input growth, contribute to this divergence, as do different methods of linking data sets.

Neither Corrado and Slifman (1999) nor Gullickson and Harper (1999) break out ALP growth or industry productivity growth among detailed manufacturing industries. To gauge these results, we have compared our manufacturing results to the manufacturing industry estimates produced by the BLS (1999). For the 18 industries that are comparable, 10 showed productivity differences of less than 0.25 percent for 1979-96; 2 showed differences varying between 0.25 percent and 0.5 percent; the remaining 6 industries, Textile

Mills, Lumber and Wood, Petroleum Refining, Leather, Stone, Clay and Glass, and Instruments, showed differences greater than 0.5 percent.[54]

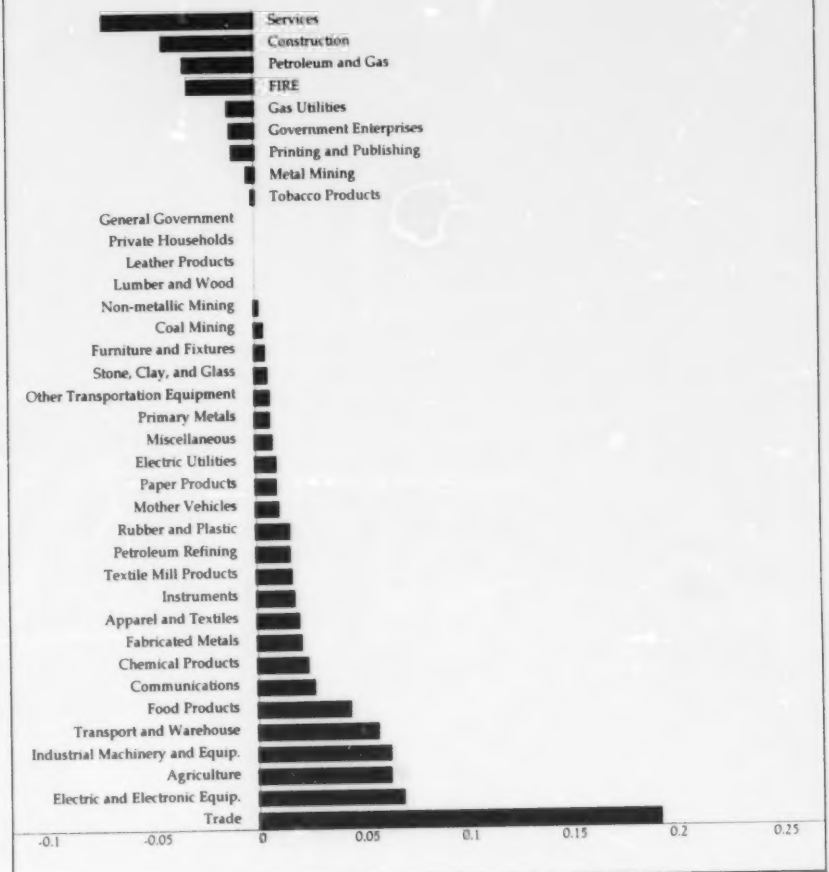
2.4.3.c Domar Aggregation

We now turn to the aggregation of industry productivity growth described by Equation (9). This is not directly comparable to our estimates of aggregate productivity, due to different vintages of data and a broader definition of output. Nonetheless, it is useful to quantify an industry's contribution to aggregate TFP growth and to trace aggregate productivity growth back to its sources at the level of the individual industry. These results update the earlier estimates of Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987). Gordon (1999b) presents a similar decomposition of ALP growth, although he focuses exclusively on the contribution of computer production.

Figure 2.11 presents our estimates of each industry's contribution to aggregate TFP growth for the period 1958-96. This follows Equation (9) by weighting industry productivity growth by the "Domar weight," defined as industry gross output divided by aggregate value added. Summing across industries gives an estimate of aggregate TFP growth of 0.48 for 1958-96. This is lower than the number implied by Table 2.2 for two reasons. First, the data are prior to the BEA benchmark revision, which raised output and TFP growth. Second, the estimates reflect a broader output concept that includes Government Enterprises, which we estimate as having negative industry productivity growth, and General Government, which has zero productivity growth by definition. The estimate is consistent, however, with the estimates produced by Ho, Jorgenson, and Stiroh (1999), and Jorgenson and Stiroh (1999), which are based on the same vintage of data.

The most striking feature of Figure 2.11 is the wide range of industry contributions. Trade, Industrial Machinery, and Electronic Equipment make the largest contributions, although for different reasons. Trade has solid, but not exceptionally strong productivity growth of almost 1 percent per year; it makes the largest contribution due to its large relative size. Trade receives a Domar weight of nearly 0.20. Industrial Machinery and Electronic Equipment, on the other hand, make important contributions due to their rapid productivity growth, 1.5 percent and 2.0 percent, respectively, in spite of their relative small size, with Domar weights of 0.05 and 0.04, respectively. The contribution of an industry to aggregate productivity growth depends on both productivity performance and relative size.

Figure 2.11
Industry Contributions to Aggregate Total Factor Productivity Growth, 1958-96



Note: Each industry's contribution is calculated as the product of industry productivity growth and the industry Domar weight, averaged for 1958-96.

Figure 2.11 also highlights the impact of the 9 industries that experienced negative productivity growth over this period. Again, both performance and relative size matter. The Services industry makes a negative contribution of 0.07 due to its large weight and productivity growth of -0.19 percent. Construction, on the other hand, shows even slower industry productivity growth, -0.44 percent per year, but makes a smaller negative contribution, since it is much smaller than Services. We can also do a "thought experiment" similar to Corrado and Slifman (1999) and Gullickson and Harper (1999), and imagine that productivity growth is zero in these 9 industries rather than negative. By zeroing out the negative contributions, we find that aggregate TFP growth would have been 0.22 percent higher, an increase of nearly half.[55] Clearly, negative productivity growth in these industries is an important part of the aggregate productivity story.

Finally, these data enable us to provide some new perspective on an argument made by Gordon (1999b), who decomposes trend-adjusted ALP growth into a portion due to computer production and a residual portion for the rest of the economy.[56] He finds that the former accounts for virtually all of the productivity acceleration since 1997. While we cannot comment directly on his empirical estimates since our industry data end in 1996 and we examine TFP growth rather than ALP growth, we can point to an important qualification to his argument. The U.S. economy is made up of industries with both positive and negative productivity growth rates, so that comparing one industry to the aggregate of all others necessarily involves aggregation over off-setting productivity trends. The fact that this aggregate does not show net productivity growth does not entail the absence of gains in productivity in any of the component industries, since such gains could be offset by declines in other industries.

Consider our results for 1958-96 and the importance of the negative contributions. The 5 industries with the largest, positive contributions – Trade, Electronic Equipment, Agriculture, Industrial Machinery, and Transport – cumulatively account for a sum across all industries of about 0.5 percent per year. Nonetheless, we find sizeable productivity growth in some of the remaining industries that are offset by negative contributions in others. This logic and the prevalence of negative productivity growth rates at the industry level, in BLS (1999), Corrado and Slifman (1999), and Gullickson and Harper (1999), suggest that a similar argument could hold for ALP and for the most recent period. This raises the question of whether off-setting productivity growth rates are responsible for Gordon's finding that there is

"no productivity growth in the 99 percent of the economy located outside the sector which manufactures computer hardware (Gordon, 1999b, p. 1)." Assessing the breadth of recent productivity gains and identifying the sources of productivity growth at the industry level remains an important task for future research.

2.5 Conclusion

THE PERFORMANCE OF THE U.S. ECONOMY in the late 1990s has been nothing short of phenomenal. After a quarter century of economic malaise, accelerating total factor productivity growth and capital deepening have led to a remarkable growth resurgence. The pessimism of the famous Solow (1987) paradox, that we see computers everywhere but in the productivity statistics, has given way to optimism about the information age. Productivity statistics, beginning in 1995, have begun to reveal a clearly discernible impact of information technology. Both labour productivity and TFP growth have jumped to rates not seen for such an extended period of time since the 1960s. While a substantial portion of these gains can be attributed to computers, there is growing evidence of similar contributions from software and communications equipment – each equal in importance to computers.

The forces shaping the information economy originate in the rapid progress of semi-conductor technology – Moore's Law at work. These gains are driving down the relative prices of computers, software, and communications equipment, and inducing massive investments in these assets by firms and households. Technological progress and the induced capital deepening are the primary factors behind accelerating output growth in recent years. The sustainability of recent growth trends, therefore, hinges to a large degree on the prospects for continuing progress, especially in the production of semiconductors. While this seems plausible, perhaps even likely, the contribution of high-tech assets to the stronger growth remains subject to considerable uncertainty, owing to incomplete information on the price trends of these assets.

The vibrant performance of the U.S. economy has not gone unnoticed. Forecasters have had to raise their projected growth rates, and raise them again. The moderate speed limits set by Blinder (1997) and Krugman (1997), reflecting the best evidence available only a few years ago, have given way to the optimism of the ordinarily conservative community of official forecasters.

Our review of the evidence now available suggests that the official forecasters are relying very heavily on a continuation of the acceleration in U.S. economic growth since 1995.

What are the risks associated with the optimistic view of future U.S. economic growth in the information age? Upward revision of growth projections seems a reasonable response as evidence accumulates of a possible break in trend productivity growth. Nonetheless, caution is warranted until productivity patterns have been observed for a longer time period. Should the pace of technological progress in high-tech industries diminish, economic growth would take a double hit— slower total factor productivity growth in key industries that produce high-tech equipment and slower capital accumulation in others that invest in and use high-tech equipment. Both factors have made important contributions to the recent success of the U.S. economy, so that any slowdown would reduce future growth potential.

At the same time, we must emphasize that the uncertainty surrounding intermediate-term projections has become much greater as a consequence of widening gaps in our knowledge, rather than changes in the volatility of economic activity. The excellent research that underlies estimates of prices and quantities of computer investment in NIPA has provided much needed illumination of the impact of information technology. But this is only part of the contribution of information technology to economic growth and, in fact, may not be the largest. As the role of technology continues to increase, ignorance of the most basic empirical facts about the information economy will plague researchers as well as forecasters. The uncertainties about past and future economic growth will not be resolved quickly. This is, of course, a guarantee that the lively economic debate now unfolding will continue for the foreseeable future.

The first priority for empirical research must be the construction of constant-quality price indices for a wider variety of high-tech assets. These assets are becoming increasingly important in the U.S. economy, but only a small portion have constant-quality price deflators that can translate the improved production characteristics into accurate measures of investment and output. This echoes the earlier findings of Gordon (1990), who reported that official price measures substantially overstate price changes for capital goods. In fact, Gordon identified computers and communications equipment as two assets with the largest overstatements, together with aircraft, which we have not included.[57] Much remains to be done to complete Gordon's program

aimed at implementing constant-quality price deflators for all components of investment in NIPA.

The second priority for research is to decompose the sources of economic growth at the industry level. Fortunately, the required methodology is well established and increasingly familiar. Domar aggregation over industries underlies the back-of-the-envelope calculations of the contribution of information technology to economic growth outlined in Section 3, as well as the more careful and comprehensive view of the contributions of industry-level productivity that we have presented in Section 4. This view will require considerable refinement to discriminate among alternative perspectives on the rapidly unfolding information economy. However, the evidence already available is informative on the most important issue. This is the "new economy" view that the impact of information technology is like *phlogiston*, an invisible substance that spills over in every kind of economic activity and reveals its presence by increases in industry-level productivity growth across the U.S. economy. This view is simply inconsistent with the empirical evidence.

Our results suggest that while technology is clearly the driving force in the resurgence of growth, familiar economic principles can be applied. Productivity growth in the production of information technology is responsible for a sizeable part of the recent spurt in TFP growth and can be identified with price declines for high-tech assets and semi-conductors. This has induced an eruption of investment in these assets that is responsible for capital deepening in the industries that use information technology. Information technology provides a dramatic illustration of economic incentives at work! However, there is no corresponding eruption of industry-level productivity growth in these sectors that would herald the arrival of phlogiston-like spillovers from production in the information technology industries.

Many of the goods and services produced with high-tech capital may not be adequately measured, as suggested in the already classic paper of Griliches (1994). This may help to explain the surprisingly low productivity growth in many of the high-tech intensive, service industries. If the official data are understating both real investment in high-tech assets and the real consumption of commodities produced with these assets, the under-estimation of U.S. economic performance may be far more serious than we have suggested. Only as the statistical agencies continue their slow progress towards improved data and implementation of state-of-the-art methodology will this murky picture become more transparent.

Notes

1 Labour productivity growth in the business sector averaged 2.7 percent over 1995-99, the four fastest annual growth rates in the 1990s, except for a temporary jump of 4.3 percent in 1992 as the economy exited recession (BLS, 2000).

2 Stiroh (1999) critiques alternative new economy views; Triplett (1999) examines data issues in the new economy debate; and Gordon (1999b) provides an often-cited rebuttal of the new economy thesis.

3 Our work on computers builds on the path-breaking research of Oliner and Sichel (1994, 2000), Sichel (1997, 1999), and our own earlier results, reported in Jorgenson and Stiroh (1995, 1999, 2000), and Stiroh (1998a). Other valuable work on computers includes Haimowitz (1998), Kiley (1999), and Whelan (1999). Gordon (1999a) provides a historical perspective on the sources of U.S. economic growth, and Brynjolfsson and Yang (1996) review the micro evidence on computers and productivity.

4 See Baily and Gordon (1988), Stiroh (1998a), Jorgenson and Stiroh (1999), and Department of Commerce (1999) for earlier discussions of relative price changes and input substitution in the high-tech sectors.

5 BLS (2000) estimates for the business sector show a similar increase from 1.6 percent over 1990-95 to 2.6 percent over 1995-98. See CEA (2000, p. 35) for a comparison of productivity growth at various points in the economic expansions of the 1960s, 1980s, and 1990s.

6 See Gullickson and Harper (1999), Jorgenson and Stiroh (2000), and Section 4, below, for industry-level analyses.

7 There is no consensus, however, on the fact that technical progress in computer and semi-conductor production is slowing. According to Fisher (2000), chip processing speed continues to increase rapidly. Moreover, the product cycle is accelerating as new processors are brought to market more quickly.

8 See Dean (1999) and Gullickson and Harper (1999) for the BLS perspective on measurement errors; Triplett and Bosworth (2000) provide an overview of the measurement of output in the service industries.

9 It would be a straightforward change to make technology labour-augmenting or "Harrod-neutral," so that the production possibility frontier could be written: $Y(l, C) = X(K,AL)$. Also, there is no need to assume that inputs and outputs are separable, but this simplifies our notation.

10 Baily and Gordon (1988), Griliches (1992), Stiroh (1998a), Jorgenson and Stiroh (1999), Whelan (1999), and Oliner and Sichel (2000) discuss the impact of investment in computers from these two perspectives.

11 Triplett (1996) points out that much of the decline in computer prices reflects falling semi-conductor prices. If all inputs are correctly measured for quality change, therefore, much of the TFP gains in computer production are rightly pushed back to TFP gains in semi-conductor production since semi-conductors are a major intermediate input in the production of computers. See Flamm (1993) for early estimates of semi-conductor prices. We address this question further in Section 4.

12 See Appendix A for details on our source data and methodology for estimating output.

13 Current dollar NIPA GDP in 1998 was $8,759.9B. Our estimate of $8,013B differs due to total imputations ($740B), exclusion of general government and government enterprise sectors ($972B and $128B, respectively), and exclusion of certain retail taxes ($376B).

14 See Appendix B for details on the theory, source data, and methodology for estimating capital services.

15 Jorgenson (1996) provides a recent discussion of our model of capital as a factor of production. The BLS (1983) describes the version of this model employed in the official productivity statistics. Hulten (2000) provides a review of the specific features of this methodology for measuring capital input and the link to economic theory.

16 More precisely, growth in capital quality is defined as the difference between the growth in capital services and the growth in the average of the current and lagged stock of capital. Appendix B provides further details. We use a geometric depreciation rate for all reproducible assets, so that our estimates are not identical to the wealth estimates published by the BEA (1998b).

17 Tevlin and Whelan (1999) provide empirical support for this explanation, reporting that computer investment is particularly sensitive to the cost of capital, so that the rapid drop in service prices can be expected to trigger a large investment response.

18 An econometric model of the responsiveness of different types of capital services to own- and cross-price effects could be used to test for complementarity, but this is beyond the scope of the paper.

19 According to Parker and Grimm (2000), the total software investment of $123.4B includes $35.7B in pre-packaged software, $42.3B in custom software, and $45.4B in own-account software in 1998. Applying the weighting conventions employed by the BEA, this implies that $46.3B = $35.7B + 0.25 * $42.3B, or 38 percent of the total software investment, is deflated with explicit quality adjustments.

20 Grimm (1997) presents hedonic estimates for digital telephone switches and reports average price declines of more than 10 percent per year from 1985 to 1996.

21 Appendix C provides details on the source data and methodology.

22 By comparison, the BLS (2000) reports growth in business hours of 1.2 percent over 1990-95 and 2.3 percent over 1995-98. The slight discrepancies reflect our methods of estimating hours worked by the self-employed, as well as minor differences in the scope of our output measures.

23 Note that we have broken broadly defined capital into tangible capital services, *K*, and consumers' durables services, *D*.

24 Table 2.2 also presents preliminary results for the more recent period of 1995-99, where the 1999 values are based on the estimation procedure described in the Annex to this chapter, rather than on the detailed model described above. The results for 1995-98 and 1995-99 are quite similar; we focus our discussion on the period 1995-98.

25 See Katz and Krueger (1999) for explanations of the strong performance of the U.S. labour market, including demographic shifts toward a more mature labour force, a rise in the prison age population, improved efficiency of labour markets, and the "weak backbone hypothesis" of worker restraint.

26 We are indebted to Dan Sichel for very helpful discussions of this timing convention.

27 Oliner and Sichel (2000) provide a detailed comparison of the results across several studies of computers and economic growth.

28 See Krugman (1997) and Blinder (1997) for a discussion of the usefulness of this relationship.

29 The BLS (2000) shows similar trends for the business sector with the growth in hours worked increasing from 1.2 percent during 1990-95 to 2.3 percent during 1995-98, while ALP increased from 1.58 percent to 2.63 percent.

30 The notion that official price deflators for investment goods omit substantial quality improvements is hardly novel. The magisterial work of Gordon (1990) successfully quantified the overstatements of inflation rates in the prices of a wide array of investment goods, covering all producers' durable equipment in the NIPA.

31 This point was originally made by Jorgenson (1966); Hulten (2000) provides a recent review.

32 Gordon (1999a), Stiroh (1998a), and Whelan (1999) also provide estimates.

33 This calculation shows that the simplified model of Oliner and Sichel (2000) is a special case of the complete Domar weighting scheme used in Section 4.

34 Relative price changes in the Base case are taken from the investment prices presented in Table 2.5. Output shares are estimated based on final demand sales available from the BEA website for computers and from Parker and Grimm (2000) for software. Investment in communications equipment is from the NIPA, and we estimate other final demand components for communications equipment using ratios relative to final demand for computers. This is an approximation necessitated by the lack of complete data on final demand sales by commodity.

35 Stiroh (1998b) provides details and references to supporting documents.

36 The 5 sectors – non-farm business, farm, government, residential housing, and households, and non-profit institutions – follow the breakdown used in Table 1.7 of the NIPA.

37 See CBO (1995, 1997) for details on the underlying model and the adjustments for business cycle effects that lead to the potential series.

38 Note that the growth rates in Table 2.6 do not exactly match those of Table 2.2 due to differences in calculating growth rates. All growth rates in Table 2.6 follow the CBO's convention of calculating discrete growth rates as $g = [(X_t / X_0)^{1/t} - 1]*100$, while growth rates in Table 2.2 are calculated as $g = [\ln(X_t / X_0)/t]*100$.

39 See CBO (2000, p. 25 and p. 43) for details.

40 Earlier upward revisions to TFP growth primarily reflect "technical adjustment... for methodological changes to various price indices" and "increased TFP projections (CBO, 1999b, p. 3)."

41 See CBO (1995) for details on the methodology used for cyclical adjustments to derive the "potential" series.

42 These comparisons are from CBO (2000, Table 2-6).

43 This is analogous to the sectoral output concept used by the BLS. See Gullickson and Harper (1999), particularly pp. 49-53, for a review of the concepts and terminology used by the BLS.

44 The BLS refers to this concept as *multi-factor productivity* (MFP).

45 Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987), particularly Chapter 2, provide details and earlier references; Gullickson and Harper (1999, p. 50) discuss how aggregate productivity can exceed industry productivity in the Domar weighting scheme.

46 We are grateful to Mun Ho for his extensive contribution to the construction of the industry data.

47 Appendix D provides details on the component data sources and linking procedures.

48 Our industry classification is too broad to isolate the role of semi-conductors.

49 This conclusion rests critically on the input share of semi-conductors in the computer industry. Triplett reports Census data estimates placing this share at 15 percent for 1978-94, but states that industry sources estimate this share to be closer to 45 percent. This has an important impact on his results. At one end of the spectrum, if no account is made for semi-conductor price declines, the relative productivity in computer equipment increases 9.1 percent over 1978-94. Assuming a 15 percent share for semi-conductors reduces this value to 9 percent; assuming a 45 percent share reduces it to 1 percent.

50 Dean (1999) summarizes the BLS view on this issue. McGuckin and Stiroh (2000) attempt to quantify the magnitude of the potential mismeasurement effects.

51 See Gullickson and Harper (1999), particularly pp. 55-56, for details.

52 These 5 industries are Agriculture, Construction, Transportation, FIRE and Services. Note that our estimates for 1977-1996 are not shown in Table 2.10.

53 The 7 other industries that are comparable are Agriculture, Non-metallic Mining, Construction, Transportation, Communications, Trade, and FIRE.

54 The 10 industries with small differences are Food Products, Apparel, Furniture and Fixtures, Paper Products, Printing and Publishing, Chemical Products, Primary Metals, Industrial and Commercial Machinery, Electronic and Electric Machinery, and Miscellaneous Manufacturing. The 2 industries with slightly larger differences are Rubber and Plastic, and Fabricated Metals.

55 This aggregate impact is smaller than that estimated by Gullickson and Harper (1999), partly because our shares differ due to the inclusion of a Household and Government industry. Also, as pointed out by Gullickson and Harper, a complete re-estimation would account for the change in intermediate inputs implied by the productivity adjustments.

56 Oliner and Sichel (2000) argue that Gordon's conclusion is weakened by the new NIPA data released in the benchmark revision, which allow a larger role for ALP growth outside of computer production.

57 Gordon (1990), Table 12.3, p. 539.

Annex:
Extrapolation for 1999

Table 2.2 presents primary growth accounting results through 1998 and preliminary estimates for 1999. The data through 1998 are based on the detailed methodology described in Appendices A-D; data for 1999 are extrapolated from currently available data and recent trends.

Our approach to extrapolating growth accounting results through 1999 was to estimate 1999 shares and growth rates for major categories like labour, capital, and information technology components, as well as the output growth. The 1999 labour share was estimated from 1995-98 data, growth in hours worked is from the BLS (2000), and labour quality growth comes from the projections described above. The 1999 growth rates of information technology output were taken from the NIPA, and shares were estimated from 1995-98 data. The 1999 growth rates of information technology inputs were estimated from recent investment data and the perpetual inventory method, and shares were estimated from 1995-98 data. The 1999 growth of other capital was estimates from NIPA investment data for broad categories like equipment and software, non-residential structures, residential structures, as well as consumers' durable purchases; the income share was calculated from the estimated labour share. Output growth was estimated from growth in the BLS business output and the BEA GDP, with adjustment made for different output concepts. Finally, TFP growth for 1999 was estimated as the difference in the estimated output growth and share-weighted input growth.

Economic and Productivity Growth in Canadian Industries

3

Wulong Gu, Frank C. Lee and Jianmin Tang

3.1 Introduction

THE PURPOSE OF THIS STUDY is to analyse the sources of output and labour productivity growth in the Canadian economy since 1961. The study also considers the sources of output growth in individual industries. We adopt the constant quality indices of capital and labour inputs introduced by Jorgenson and Griliches (1967), and later used extensively in Jorgenson (1995a, 1995b), Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987), and Jorgenson and Yip (1999) to identify the sources of growth. This framework is similar to the one employed by the U.S. Bureau of Labor Statistics, but some minor differences still remain between the two.[1] At the industry level, we adjust for capital quality by aggregating capital stocks across different asset types, using the share of property income as the weight for each type. At the same time, we combine hours worked by each type of worker using its share of labour compensation to reflect labour quality. At the aggregate level, we apply the same framework by aggregating capital stocks across different asset types and hours worked across different types of workers. A number of studies have compared Canada's aggregate economic growth performance with that of its competitors based on this framework (Dougherty, 1992; Dougherty and Jorgenson, 1997; and Jorgenson and Yip, 1999). However, this is the first study where this framework is used to assess Canada's economic performance at the industry level.

Output growth in Canada's private business sector decreased from an average of 5.6 percent per year during the period 1961-73 to 3.3 percent during 1973-88 and 1.5 percent during 1988-95. The health and strength of the private business sector are directly related to the overall performance of Canada's gross domestic product (GDP) per capita. Growth in GDP per capita also slowed down over the entire period — from 3.6 percent per year during 1961-73 to 2.1 percent during 1973-88, and to a mere 0.3 percent during 1988-95. Based on our findings, about 46 percent of the private business sector's output growth over 1961-73, and 22 percent and 26 percent, respectively, over 1973-88 and 1988-95, are attributable to growth in quality-adjusted TFP. Over 80 percent of the slowdown in output growth between 1961-73 and 1973-88 is attributable

to the slowdown in TFP growth; over the following interval (1973-88 to 1988-95), more than 80 percent of the slowdown in output growth is attributable to slower capital and labour input growth.

For most of the 122 industries examined in this study, input growth was a predominant source of output growth during 1961-73 and 1973-88. In the last period (1988-95), however, TFP growth accounted for more than 50 percent of output growth in slightly more than half of Canadian industries. This is due to the fact that, in 80 industries, the slowdown in input growth between 1973-88 and 1988-95 was greater than that of TFP growth.

In the next section, we briefly describe the methodology used, while in Section 3.3 we describe the data set. In Section 3.4, we analyse the sources of growth at the level of individual industries, and in Section 3.5 we present our findings for the private business sector. Section 3.6 outlines our conclusions.

3.2 Methodology

TO ANALYSE THE SOURCES OF GROWTH in the Canadian private business sector, we adopt the methodology described in Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987), where the output $\{Q_{it}\}$ of each industry i is a function of capital inputs $\{K_{it}\}$, labour inputs $\{L_{it}\}$, intermediate inputs $\{M_{it}\}$, and time, t:

$$(1) \qquad Q_{it} = F(K_{it}, L_{it}, M_{it}, t).$$

Assuming constant returns to scale with a translog production function (see Christensen, Jorgenson, and Lau, 1973), the growth rate of output can be expressed as a weighted average of the growth rates of capital, labour, and intermediate inputs plus the average rate of productivity growth, or total factor productivity (TFP) growth $\{\bar{v}_{it}\}$:

$$(2) \qquad \ln Q_{it} - \ln Q_{it-1} = \bar{v}_{it}^{K}[\ln K_{it} - \ln K_{it-1}] + \bar{v}_{it}^{L}[\ln L_{it} - \ln L_{it-1}] + \bar{v}_{it}^{M}[\ln M_{it} - \ln M_{it-1}] + \bar{v}_{it}.$$

Weights are defined by the average shares of each component:

$$(3) \quad \bar{v}_{it}^{K} = \frac{1}{2}[v_{it}^{K} + v_{it-1}^{K}],\ \bar{v}_{it}^{L} = \frac{1}{2}[v_{it}^{L} + v_{it-1}^{L}],$$
$$\bar{v}_{it}^{M} = \frac{1}{2}[v_{it}^{M} + v_{it-1}^{M}],\ \bar{v}_{it} = \frac{1}{2}[v_{it} + v_{it-1}],$$

where, $v_{it} = \partial \ln Q_{it} / \partial t(K_{it}, L_{it}, M_{it}, t)$.

The shares of each component are given as:

$$(4) \quad v_{it}^{K} = \frac{P_{it}^{K} K_{it}}{P_{it} Q_{it}},\ v_{it}^{L} = \frac{P_{it}^{L} L_{it}}{P_{it} Q_{it}},\ v_{it}^{M} = \frac{P_{it}^{M} M_{it}}{P_{it} Q_{it}},$$

where $\{P_{it}\}$, $\{P_{it}^{K}\}$, $\{P_{it}^{L}\}$, and $\{P_{it}^{M}\}$ denote the prices of output and of capital, labour, and intermediate inputs, respectively.

We also assume that each sector's input (capital, labour, and intermediate inputs) is a translog function of its components and that each differs in its marginal productivity. We can express the growth rate of each input as the weighted average of the growth rates of individual components:

$$(5) \quad \ln X_{t}^{i} - \ln X_{t-1}^{i} = \sum_{j=1}^{m} \bar{v}_{jt}^{Xi} \left[\ln X_{jt}^{i} - \ln X_{jt-1}^{i}\right],\ X = \{K, L, M\},$$

where the weights are provided by the average shares of each component:

$$(6) \quad \bar{v}_{jt}^{Xi} = \frac{1}{2}[v_{jt}^{Xi} + v_{jt-1}^{Xi}],\ (j = 1,2, \ldots, m),\ X = \{K, L, M\},$$

and the shares of each component are defined as:

$$(7) \quad v_{jt}^{Xi} = \frac{P_{jt}^{Xi} X_{jt}^{i}}{\sum_{j=1}^{m} P_{jt}^{Xi} X_{jt}^{i}},\ (j = 1, 2, \ldots, m),\ X = \{K, L, M\}.$$

Note that the number of components, m, varies for each type of input, X.

In our analysis, we explicitly consider the quality components of capital and labour inputs for each industry. The above equations enable us to construct both quality and quantity indices for capital and labour inputs. The quality component can be measured as the ratio of the capital input, K_{it}, to the preceding period's capital stock, A_{it-1}:

$$(8) \qquad q_{it}^{K} = K_{it} / A_{it-1}.$$

Thus, q_{it}^{K} is expressed as:

$$(9) \qquad \ln q_{it}^{K} - \ln q_{it-1}^{K} = \sum_{j=1}^{p} \bar{v}_{jt}^{Ki} [\ln A_{jt-1}^{i} - \ln A_{jt-2}^{i}] - [\ln A_{it-1} - \ln A_{it-2}],$$

where A_i is an unweighted sum of different types of capital stock. The index therefore reflects changes in the composition of capital.

Similarly, the quality of the labour input can be defined as the ratio of the labour input, L_{it}, to hours worked, H_{it}:

$$(10) \qquad q_{it}^{L} = L_{it} / H_{it}.$$

Here, the quality index of the labour input is expressed as:

$$(11) \qquad \ln q_{it}^{L} - \ln q_{it-1}^{L} = \sum_{j=1}^{L} \bar{v}_{jt}^{Li} \left[\ln H_{jt}^{i} - \ln H_{jt-1}^{i}\right] - \left[\ln H_{it} - \ln H_{it-1}\right],$$

where H_i is an unweighted sum of its components.

3.3 Data

WE CONSTRUCT BOTH OUTPUT AND INPUT DATA for 122 industries (listed in Table 3.A1, in the Annex to this chapter) covering the period 1961 to 1995. Both prices and quantities of gross output and intermediate input (energy, materials, and services) are taken from Statistics Canada's KLEMS database.[2]

3.3.1 Capital Input Data

The prices and quantities of capital inputs are aggregated from five asset types – machinery and equipment, non-residential structures, engineering structures, inventories, and land – for the 122 industries. For depreciable assets (including machinery and equipment, building structures, and engineering structures), we use capital stock estimates from Statistics Canada's KLEMS database which uses a modified double-declining-balance rate (Statistics Canada, 1994a).[3] We then estimate inventory stocks and land using Statistics Canada data as explained below.

Our estimates of inventory stocks are mainly based on national and industry balance sheet data. We first estimate inventory stocks at current prices for the 122 industries, using industry balance sheet data and the Input-Output tables. For the period 1972-87, inventory stocks at current prices are set as the book value of inventory stocks from balance sheet data at the detailed level of industry aggregation (the three-digit 1970 Standard Industrial Classification). For the periods 1961-71 and 1988-95, net inventory investment at current prices is estimated from the Input-Output tables on inventory changes in finished goods and goods in progress, and in raw materials and goods purchased for resale. To obtain inventory stocks and inventory investment at constant prices, nominal inventory stocks and inventory investment are deflated by the average of the price deflators of raw materials and final output. The data on inventory stocks for the period 1972-87 are extrapolated to the periods 1961-71 and 1988-95 on the basis of the estimated net inventory investment data. Our final estimates of inventory stocks in current and constant dollars are all adjusted to national totals from the national balance sheet.

To estimate land input by industry, we first obtain estimates of total land in current dollars from 1961 to 1995 from the National Balance Sheet Accounts. We assume that the quantity of land remains constant and derive its price index. We then remove the real value of farm, residential, and government land from the real value of total land. The remaining non-agricultural, non-government land is allocated across 121 industries. For 1972-87, the allocation is based on Statistics Canada's Detailed Balance Sheet and Income and Earnings Statistics. The land estimates are then extrapolated based on the growth in the stock of non-residential structures by industry for the periods 1961-71 and 1987-95, always adjusting to the national total.

We then estimate the prices of capital services for five assets, based on property compensation data. Following Jorgenson and Yun (1991), we use the following expression to construct the rental price of depreciable assets for each industry i:[4]

$$(12) \quad P_j^{Ki} = \frac{1-e_j^i - tz_j^i}{1-t} P_j^{Ii} \left[(r_j - \pi_j^i) + (1+\pi_j^i)\delta_j^i \right] + t_j^{pi} P_j^{Ii},$$

where: t is the combined federal and provincial corporate income tax rate; e_j^i is the rate of the investment tax credit; z_j^i is the present value of capital cost allowances on one dollar's worth of investment;[5] P_j^{Ii} is the price of new investment good j; r_j is the nominal rate of return on asset type j; $\pi_j^i = \left(P_{jt}^{Ii} - P_{jt-1}^{Ii}\right) / P_{jt-1}^{Ii}$ is the capital gain for asset j; δ_j^i is the depreciation rate for asset j; and t_j^{pi} is the property tax rate.

We use the following expression for the rental price of land and inventories since there is no investment tax credit, capital consumption allowance or economic depreciation:

$$(13) \quad P_j^{Ki} = \left[\frac{r_j - \pi_j^i}{1-t} + t_j^{pi} \right] P_j^{Ii}.$$

We take into account the following three features of the corporate tax system in the calculation of rental prices: both federal and provincial corporate tax rates, small business tax deductions for Canadian-controlled private corporations, and tax credit provisions for manufacturing and processing.

To account for these features of the corporate tax system, we use the following data from Statistics Canada's industry balance sheet and income statement figures: the distribution of taxable income across ten provinces by industry for the periods 1961-87 and 1993-95, and total taxable income and small business deductions by industry for the period 1974-94. We then calculate average statutory corporate tax rates for each industry over the period 1961-95, using appropriate taxable income shares as weights. The income share weights are estimated for those years in which data are missing. For example, to estimate the shares of small business deductions in total taxable income over the period 1961-73, we assume that these shares were the same as in 1974. In 1976, to encourage investment, a credit was granted for new production facilities. Initially set at 5 percent for all industries, the rate

was raised to 7 percent in 1979; regional variations with higher rates were also introduced. In 1989, the investment tax credits were discontinued, except in the Atlantic provinces.

Business property taxes in the rental price equations described above are levied mainly on land, engineering structures, and building structures, with machinery being exempt. To estimate property tax rates, we first obtain as the property tax base the nominal values of land and engineering and building structures for the 122 industries. We then divide the tax base into total taxes on production from the Input-Output tables to obtain the average property tax rates.

We determine the rates of return on assets by assuming that the nominal rate of return is the same for all assets (including land and inventories) within a given industry. We also assume that the sum of the values of capital services over all assets is equal to total capital compensation. We can then estimate the nominal rate of return on all assets within a given industry, and ultimately the rental price of capital for all assets within the industry.

Finally, we combine the price and quantity data on capital to construct an index of capital input, as explained in Section 3.2.

3.3.2 Labour Input Data

We construct labour input indices from the data on hours worked and labour compensation of workers, broken down by sex, employment status (three categories), age (seven categories), and education (four levels) in each industry, as shown in Table 3.1.[6]

We use various data sources to generate annual estimates of hours worked and labour compensation for 168 components of the workforce in each of the 122 industries. First, we obtain benchmark estimates of hours worked, compensation per hour, and total compensation for the census reference years (the year prior to the census)[7] from the population censuses of 1961, 1971, 1981, 1986, 1991, and 1996. Annual data on hours worked from the monthly Labour Force Survey (LFS) are used to estimate matrices of hours worked for the years between the census benchmarks. We then employ annual data on labour compensation from the Survey of Consumer Finance (SCF) to estimate compensation matrices between two successive censuses. For this purpose, we rely on the method of iterative proportional fitting (for details, see

Jorgenson, Gollop, and Fraumeni, 1987). A weighted average of two neighbouring benchmark matrices is used to initialize our method of proportional fitting. Data from the LFS and the SCF on hours worked and compensation by worker characteristics are used to control for the distribution of hours worked and labour compensation. All matrices of hours worked and labour compensation are then controlled to industry totals on hours worked and compensation by class of employment from Statistics Canada's labour productivity database.

Table 3.1

Classification of the Canadian Workforce

Worker Characteristics	Number of Categories	Type
Sex	2	Female; Male
Employment Status	3	Paid Employees; Self-employed; Unpaid Family Workers
Age	7	15-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Education	4	0-8 Years Grade School; Some or Completed High School; Some or Completed Post-Secondary School; University or Higher

We then combine the data on labour compensation per hour and on hours worked to construct an index of labour input, as described in Section 3.2.

3.4 Sectoral Output and TFP Growth

IN THIS SECTION, WE EXAMINE OUTPUT GROWTH in the 122 industries over the three periods 1961-73, 1973-88, and 1988-95. We then analyse growth in TFP, capital inputs, labour inputs, and intermediate inputs. Finally, the quality of capital and labour inputs is also discussed.

3.4.1 Growth in Output and TFP

Based on the framework introduced in Section 3.2, we can decompose the rate of output growth into the contributions of input and TFP growth. Note that in this paper total factor productivity refers to quality-adjusted TFP. We first compare output and TFP growth rates by industry for the three periods, as shown in Annex Table 3.A2. In a typical industry, growth in both output and TFP slowed down during the three periods. Output growth averaged 6.3 percent per year across 122 industries over 1961-73. That figure declined to 2.7 percent during 1973-88 and to 0.5 percent during 1988-95. TFP growth also slowed down – from 1.4 percent annually during 1961-73 to 0.6 percent over 1973-88 and 0.3 percent over 1988-95.

Table 3.2 summarizes the patterns of output and TFP growth by period. Output growth is negative for 1, 18, and 52 industries, respectively, over 1961-73, 1973-88, and 1988-95. While no industry suffered negative output growth over the entire period, 12 industries did so in the last two periods – other metal mines, iron mines, asbestos mines, distillery products, tobacco products, leather products, copper, wire products, small electrical appliances, major appliances, clay products, and hydraulic cement. At the same time, the number of industries with output growth exceeding 4 percent per year decreased from 97 to 35, and to 14 industries, respectively, over the three successive periods. Only 9 industries experienced growth in output at rates exceeding 4 percent in all three periods – vegetable oil mills, machine shops, motor vehicles, motor parts, communication equipment, office machines, plastics and synthetics, telecommunication carriers, and professional services. Thus the period 1961-73 stands out as one of expansion while the period 1988-95 is identified as one of widespread slowdown in output growth.

The slowdown in TFP growth also became more widespread over the course of the three periods. The number of industries experiencing negative TFP growth rose from 19 over 1961-73 to 37 over 1973-88, and to 51 over 1988-95. However, only 2 industries (urban transit systems and motion pictures) had negative TFP growth in all three periods, while 13 industries had negative TFP growth in the last two periods (including the biscuit, bread, and bakery industry, the sash, door, and other millwork industries, railroads, hydraulic cement, ready-mix concrete, storage, and broadcasting). Moreover, the number of industries with annual TFP growth rates in excess of 2 percent declined from 34 during 1961-73 to 14 in each of the two subsequent periods. Therefore, the number of industries that experienced negative output and TFP growth

increased over the three periods. The number of industries enjoying relatively strong growth (higher than 2 percent per year) also declined over the three periods for output and over the first two periods for TFP.

Table 3.2
Classification of Industries by Annual Rate of Growth of Output and Productivity

	Number of Industries					
	Output			TFP		
Growth Rate	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
< -2%	1	2	29	0	3	8
-2% to 0%	0	16	23	19	34	43
0% to 2%	6	36	34	69	71	57
2% to 4%	18	33	22	29	12	14
4% to 6%	39	23	6	3	1	0
> 6%	58	12	8	2	1	0

Although the slowdown in both output and TFP growth became widespread over the three periods, some industries did expand. In particular, 19 industries saw their output grow faster during 1973-88 than during 1961-73; similarly, 24 industries experienced faster output growth over 1988-95 than over 1973-88. However, only the vegetable oil and office machine industries posted faster output growth in both 1973-88 and 1988-95 relative to the immediately preceding period. On the TFP side, 40 industries experienced faster growth in the second period compared to the first, and 54 industries posted higher growth in the last period compared to the second. Seven industries posted faster TFP growth in each successive period – gold mines, fish products, copper, other rolled and cast metal products, stamped metal products, shipbuilding, and jewellery.

3.4.2 Input Growth and Its Contribution to Output Growth

Our next task is to attribute growth in output to the growth of three types of inputs. Annex Table 3.A3 presents the average annual growth rates of capital, labour, and intermediate inputs in each of the 122 industries and for each of the three periods. As described in Section 3.3, the data on capital input are generated for five asset types, and the labour input is comprised of 168 types of workers. The intermediate input is made up of three categories – energy,

materials, and services. We first discuss the patterns of growth of the capital input, then those of labour and the intermediate input.

Table 3.3 ranks industries by pattern of input growth rate for each period. Considering the three periods in chronological order, 101, 46, and 39 industries, respectively, experienced annual rates of growth of the capital input in excess of 2 percent. The last period witnessed relatively weak growth in capital input, averaging 0.1 percent per year, while the first period recorded strong growth, averaging 4.7 percent annually. To gain a better understanding of the patterns of growth of the capital input by period, we narrow our focus to industries with annual growth rates higher than 6 percent and those with annual rates of decline higher than 2 percent. Over the three periods (1961-73, 1973-88, and 1988-95), 36, 14, and 12 industries, respectively, had a rate of growth of their capital input in excess of 6 percent. At the opposite end, during 1961-73 no industry had a negative capital input growth rate of 2 percent or more, but the situation changed in the two subsequent periods, when 7 and 42 industries underwent a decline in capital input growth over 1973-88 and 1988-95, respectively.

Among the 122 industries, 15 experienced an annual rate of growth of their capital input in excess of 8 percent over 1961-73; that number declined to 6 and 7 industries, respectively, during 1973-88 and 1988-95. Only professional business services had capital input growth in excess of 8 percent in all three periods. In 1973-88, capital input grew at a rate exceeding 8 percent in the following industries: motor vehicles, office machines, courier services, educational services, and laundries. In 1988-95, the following industries fell into that group: wooden boxes, platemaking, shipbuilding, miscellaneous transportation equipment, air transportation, and water systems. At the other end of the spectrum, no industry had an annual rate of decline in excess of 4 percent during 1961-73; only one industry, concrete products, fell into that category over 1973-88, but between 1988 and 1995, that number climbed to 18 and included 3 mining industries, 3 furniture-related industries, 2 steel manufacturing industries, and 5 metal products industries.

Table 3.3

Classification of Industries by Annual Rate of Growth of Three Input Categories

Growth Rate	Number of Industries								
	Capital Input			Labour Input			Intermediate Input		
	1961 -73	1973 -88	1988 -95	1961 -73	1973 -88	1988 -95	1961 -73	1973 -88	1988 -95
< -2%	0	7	42	4	13	37	1	5	27
-2% to 0%	9	29	24	11	30	38	0	13	19
0% to 2%	12	40	17	24	33	31	7	21	31
2% to 4%	28	21	15	48	26	14	14	48	23
4% to 6%	37	11	12	21	17	2	40	16	14
> 6%	36	14	12	14	3	0	60	19	8

Annex Table 3.A3 and Table 3.3 show that quality-adjusted labour input growth also underwent a slowdown over the entire period 1961-95. In the three subperiods, 107, 79, and 47 industries, respectively, experienced annual rates of labour input growth greater than 2 percent. In a typical industry, labour input grew 3.0 percent annually over 1961-88 and 1.1 percent annually over 1973-88, while during 1988-95, labour input actually fell by 1.0 percent per year. To contrast the patterns of input growth among subperiods, we narrow our discussion to industries with annual rates of growth of the labour input greater than 6 percent or with negative growth rates of more than 2 percent. Over the first two periods (1961-73 and 1973-88), 14 and 3 industries, respectively, had annual labour input growth rates in excess of 6 percent; in the last period (1988-95), no industry saw its labour input grow at more than 6 percent per year. The number of industries with rates of decline of their labour input exceeding 2 percent rose from 4 in 1961-73 to 13 in 1973-88 and 37 in 1988-95.

Among the 122 industries, crude petroleum and natural gas, plastics and synthetic resins, carpets, trucks, motor vehicles, and miscellaneous transportation equipment recorded annual rates of labour input growth exceeding 8 percent over 1961-73, but no industry reached that level during 1973-88 or 1988-95. In contrast, the number of industries showing rapid declines in labour input growth increased over the three periods: only gold mines experienced a labour input decline in excess of 4 percent per year during 1961-73, but in the next period three industries (iron mines, asbestos mines, and record players) were in that category; over 1988-95, the number climbed to 18.

Table 3.3 shows that in the three periods, 114, 83, and 45 industries, respectively, experienced growth in intermediate inputs greater than 2 percent. As we saw with the other two inputs, the first period witnessed strong growth in intermediate inputs, averaging 6.2 percent annually, while the second period showed moderately strong growth at an annual average of 3.0 percent. In the last period, intermediate inputs grew at a relatively weak average rate of 0.9 percent per year. When the focus is narrowed on industries with annual rates of growth greater than 6 percent or those with a negative growth rate higher than 2 percent, we note that over the three periods, 60, 19, and 8 industries, respectively, had intermediate input growth rates in excess of 6 percent, but none suffered a decline in excess of 2 percent in any of the three periods.

During 1961-73, 15 industries recorded intermediate input growth in excess of 8 percent per year. That number declined to 6 industries over 1973-88 and 5 in 1988-95. Both crude petroleum and professional services saw their intermediate input growth exceed 8 percent annually in the first two periods, but in the last two periods, only the office machine industry experienced annual growth above 8 percent. Railroads, miscellaneous transportation equipment, communications equipment, office machines, and electrical power led the upward trend in intermediate input growth during the last period.

The output growth figures presented for each industry in Annex Table 3A.2 are the sum of the contributions of the three inputs (capital, labour, and intermediate inputs) and of TFP growth. The contribution of each input is measured as the product of the share of that input in the value of output, and of its growth rate. Table 3.4 compares TFP growth with the sum of the contributions of all three inputs to output growth. It shows that TFP growth was the predominant factor (accounting for more than 50 percent of output growth) in 13 and 32 industries, respectively, over 1961-73 and 1973-88. The importance of TFP growth increased dramatically in the period 1988-95, when 68 industries relied on this factor as their predominant source of output growth. The surge in the importance of TFP growth is mainly attributable to a dramatic slowdown in input growth over the period, particularly labour and intermediate inputs. By comparing the contribution of TFP growth with that of each of the three inputs, Table 3.5 provides further insight into these developments. The number of industries where intermediate inputs were the primary source of output growth declined from 93 during 1961-73 to 67 during 1973-88, and 39 during 1988-95. On the other hand, the contribution of TFP growth gained considerably in significance for a number of industries over the

same periods: while it was the primary source of output growth in 17 industries over 1961-73, that number increased to 34 and 53, respectively, during 1973-88 and 1988-95. The contribution of capital input also became more important over the three periods, as this factor was the primary source of output growth in 6 industries during 1961-73, in 15 industries during 1973-88, and in 22 industries during 1988-95. The number of industries that relied on the contribution of the labour input as their primary source of expansion remained more or less constant throughout the three periods.

Table 3.4

Predominant Source of Output Growth Among 122 Industries

	Number of Industries		
	1961-73	1973-88	1988-95
Input Contribution	109	90	54
TFP Growth	13	32	68

Table 3.5

Primary Source of Output Growth in 122 Industries

	Number of Industries		
	1961-73	1973-88	1988-95
Capital Input Contribution	6	15	22
Labour Input Contribution	6	6	8
Intermediate Input Contribution	93	67	39
TFP Growth	17	34	53

3.4.3 Growth in the Quality of Capital and Labour Inputs

We can gain additional insight into the sources of output growth by analysing the implications of quality adjustments to capital and labour for TFP. Annex Tables 3.A4 and 3.A5 present findings on capital and labour quality growth, respectively, over the same three periods. They show that growth in capital input quality became progressively more important over the three periods. On average, quality grew at an annual rate of 0.8 percent during 1961-73, 0.9 percent during 1973-88, and 0.9 percent during 1988-95. Capital stock grew by 3.9 percent and 1.0 percent per year, respectively, in the first two periods, but declined by 0.8 percent annually in the last period.

Growth in capital input quality was a major source of capital input growth in 20 industries over the period 1961-73, in 54 industries over 1973-88, and in 76 industries over 1988-95. We reach similar conclusions with respect to labour quality in that this factor played an increasingly important role over time: growth in labour input quality was a predominant source of labour input growth in 20, 53, and 83 industries over the three successive periods.

Thus, for most industries, failure to incorporate quality change would result in attributing a greater share of output growth to TFP growth and a smaller share to input growth. In other words, if changes in capital and labour quality were omitted, TFP growth would be higher. In a typical industry, the omission of capital and labour quality would lead to overestimating TFP growth by 16 percent for the period 1961-73, by 22 percent for 1973-88, and by 44 percent for 1988-95.

3.5 Sources of Output and Labour Productivity Growth in the Private Business Sector

IN THIS SECTION, WE ANALYSE the sources of output and labour productivity growth in the Canadian private business sector. Our analysis is based on the premise that there exists an aggregate production function. As discussed in Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987) and in Jorgenson (1995a, 1995b), this requires a number of restrictive assumptions, but it provides a useful framework for identifying the sources of economic growth in the aggregate economy. For the private business sector, the growth rate of TFP is the difference between the growth rate of value-added output and a weighted average of the growth rates of capital and labour inputs. Again, capital and labour have two components, quantity and quality, and they are broken down by the same components as the sectoral data described in Section 3.3.

Table 3.6 decomposes the sources of Canada's private business sector output growth over the three periods. In the first, output grew at 5.6 percent per year, with capital input contributing 1.2 percent annually, labour input 1.8 percent, and TFP 2.6 percent. However, there was a steady decline in the contributions of capital and labour inputs and of TFP growth over time, resulting in a slowdown of output growth. By 1988-95, private business sector output grew at only 1.5 percent per year, and the average contributions from the growth in capital and labour inputs, and from TFP had declined to 0.5, 0.6, and 0.4 percent, respectively. Moreover, the relative importance of

TFP growth declined over the three periods. The results show that TFP growth accounted for about 46 percent of output growth during 1961-73, but for only 22 percent and 26 percent, respectively, during 1973-88 and 1988-95. Capital input growth was responsible for 22 percent of output growth over 1961-73, and for about 32 percent in both 1973-88 and 1988-95.

Table 3.6

Sources of Output Growth in the Private Business Sector (%)

	1961-73	1973-88	1988-95
Output Growth	5.56	3.27	1.48
Contributions of Capital Inputs	1.22	1.06	0.49
Contribution of Capital Stock	0.85	0.73	0.27
Contribution of Capital Quality	0.38	0.33	0.22
Contributions of Labour Inputs	1.76	1.49	0.60
Contribution of Hours Worked	1.29	1.30	0.22
Contribution of Labour Quality	0.47	0.19	0.38
TFP Growth	2.58	0.72	0.39

Table 3.7 illustrates how the figures reported in Table 3.6 changed from one period to another. From 1961-73 to 1973-88, the slowdown in TFP growth accounted for over 80 percent of the slowdown in the private business sector's growth and thus was clearly the dominant factor behind that development. By contrast, over 80 percent of the slowdown in output growth from 1973-88 to 1988-95 stemmed from the slowdown in the growth of both capital and labour inputs, and more specifically, from the slowdown in the growth of the capital stock and hours worked.

We end this section with an analysis of labour productivity growth, since it is directly related to the overall standard of living, defined as GDP per capita. Table 3.8 presents a summary view of labour productivity growth over the period 1961-95; it shows that labour productivity slowed down significantly after the first period — from 3.6 percent per year during 1961-73 to 1.2 percent during 1973-88, remaining at about that rate over 1988-95. TFP growth accounted for 72, 61, and 36 percent of labour productivity growth in 1961-73, 1973-88, and 1988-95, respectively. The lower contribution of TFP growth in the last period was more or less offset by labour quality: although this factor accounted for only 16 percent of labour productivity growth during 1973-88, that contribution had risen to 34 percent in the last period. Table 3.9 indicates that 78 percent of the labour productivity growth slowdown from 1961-73 to

1973-88 was accounted for by the slowdown in TFP growth (from 2.6 percent per year during 1961-73 to 0.7 percent per year during 1973-88). The rest of the labour productivity growth slowdown is accounted for by the slowdown in capital intensity and labour quality. Although TFP growth continued to decline, this was offset by a rebound in the growth of capital intensity and labour quality that prevented labour productivity growth from further slipping behind. Capital and labour quality together accounted for 24 percent of labour productivity growth over 1961-73, 44 percent over 1973-88, and 54 percent over 1988-95.

Table 3.7
Changes in the Sources of Output Growth in the Private Business Sector (%)

	1973-88 Less 1961-73	1988-95 Less 1973-88
Output Growth	-2.29	-1.79
Contributions of Capital Inputs	-0.16	-0.57
Contribution of Capital Stock	-0.12	-0.45
Contribution of Capital Quality	-0.04	-0.12
Contributions of Labour Inputs	-0.27	-0.89
Contribution of Hours Worked	0.01	-1.07
Contribution of Labour Quality	-0.28	0.19
TFP Growth	-1.86	-0.33

Table 3.8
Sources of Labour Productivity Growth in the Private Business Sector (%)

	1961-73	1973-88	1988-95
Labour Productivity Growth	3.56	1.19	1.12
Contributions of Capital Input/Hour	0.51	0.28	0.34
Contribution of Capital Stock/Hour	0.13	-0.05	0.12
Contribution of Capital Quality	0.38	0.33	0.22
Contribution of Labour Quality	0.47	0.19	0.38
TFP Growth	2.58	0.72	0.39

Table 3.9
Changes in the Sources of Labour Productivity Growth in the Private Business Sector (%)

	1973-88 Less 1961-73	1988-95 Less 1973-88
Labour Productivity Growth	-2.37	-0.17
Contributions of Capital Input/Hour	-0.23	0.06
Capital Stock/Hour	-0.18	0.17
Capital Quality	-0.05	-0.11
Contribution of Labour Quality	-0.28	0.19
TFP Growth	-1.86	-0.33

3.6 Conclusion

THIS STUDY HAS SHOWN that adjusting capital and labour inputs for changes in capital and labour quality allows a better understanding of economic growth in Canada. By incorporating quality adjustments to capital and labour inputs into the analysis, we attribute a greater proportion of output growth and labour productivity growth to input growth and, correspondingly, a smaller proportion to TFP growth.

Our results show that output growth in the Canadian private business sector slowed down from 5.6 percent during 1961-73 to 3.3 percent during 1973-88 and 1.5 percent during 1988-95. TFP growth accounted for about 46 percent of output growth over 1961-73, and for 22 percent and 26 percent, respectively, over 1973-88 and 1988-95. At the same time, over 80 percent of the slowdown in output growth observed from the first to the second period is attributable to the slowdown in TFP growth. On the other hand, over 80 percent of the slowdown in output growth from 1973-88 to 1988-95 originated from the slowdown in the growth of both capital and labour inputs. The slowdown in the growth of capital stock and hours worked was mainly responsible for the slower input growth between the two periods.

Labour productivity growth in Canada's private business sector also decreased significantly after 1973 — from 3.6 percent to 1.2 percent annually between 1961-73 and 1973-88, remaining at about the latter rate over 1988-95. TFP growth accounted for 72, 61, and 36 percent, respectively, of labour productivity growth over the three successive periods. The lower contribution of TFP

growth in the last period was more or less offset by labour quality, which had accounted for 16 percent of labour productivity growth during 1973-88, a contribution that rose to 34 percent in the last period. However, 78 percent of the slowdown in labour productivity growth between 1961-73 and 1973-88 was accounted for by the slower TFP growth. As with the decline in output growth, the rest of the labour productivity growth slowdown is attributable to slower growth in capital intensity and labour quality. Although TFP growth continued to decrease from 1973-88 to 1988-95, this was offset by a rebound in the growth of capital intensity and labour quality that prevented labour productivity growth from further slipping behind.

For a majority of the 122 industries covered in our study, input growth was a predominant source of output growth during 1961-73 and 1973-88. During 1988-95, however, TFP growth accounted for more than half of output growth in slightly more than half of those industries, primarily because input growth fell more than did productivity growth between 1973-88 and 1988-95.

This study serves as a first step towards understanding the sources of output and labour productivity growth in the Canadian economy. A number of refinements may prove fruitful in that respect. For example, capital input in our study is based on only five asset categories; it would undoubtedly be useful to develop these categories further, as this would help us better understand the sources of output and labour productivity growth in Canada. In addition, increasing the number of asset categories would make it possible to analyse the implications of investment in information technology for the Canadian economy.

Notes

1 At the industry level, the U.S. Bureau of Labor Statistics does not adjust for labour quality, and at the economy-wide level, it aggregates capital input over different asset types and industries.

2 Described in Johnson (1994).

3 A double-declining-balance depreciation rate is used in Statistics Canada's estimates of capital stock.

4 See Appendix E for a detailed description.

5 See Dougherty (1992) for the method of calculating the present value of capital cost allowances.

6 See Appendix F for a detailed analysis.

7 The micro-data file for the 1961 Census is not available. However, very detailed information on employment and earnings disaggregated for one, two, and three characteristics of labour input are published by Statistics Canada. We thus employed the method of iterative proportional fitting to estimate the matrices of hours worked and labour compensation for 1961.

Annex:
Detailed Industry Tables

Table 3.A1

List of Industries

No.	Industries	Abbreviation
1.	Agricultural and Related Service Industries	Agric.
2.	Fishing and Trapping Industries	Fishing
3.	Logging and Forestry Industries	Logging
4.	Gold Mines	Gold
5.	Other Metal Mines	Oth. Mines
6.	Iron Mines	Iron Mines
7.	Asbestos Mines	Asbestos
8.	Other Non-metal Mines (Except Coal)	Non-metal Mines
9.	Salt Mines	Salt
10.	Coal Mines	Coal
11.	Crude Petroleum and Natural Gas Industries	Crude Pet. and Gas
12.	Quarry and Sand Pit Industries	Quarry
13.	Service Industries Incidental To Mineral Extraction	Oth. Mining
14.	Poultry, Meat and Meat Products Industries	Poultry
15.	Fish Products Industries	Fish Prod.
16.	Fruit and Vegetable Industries	Fruit
17.	Dairy Products Industries	Dairy
18.	Feed Industry, Cane and Beet Sugar Industry, Miscellaneous Food Products Industries	Feed
19.	Vegetable Oil Mills (Except Corn Oil)	Veg. Oil
20.	Biscuit Industry, Bread and Other Bakery Products Industries	Biscuit
21.	Soft Drink Industry	Soft Drink
22.	Distillery Products Industry	Distillery
23.	Brewery Products Industry	Brewery
24.	Wine Industry	Wine
25.	Tobacco Products Industries	Tobacco
26.	Rubber Products Industries	Rubber
27.	Plastic Products Industries	Plastic
28.	Leather Tanneries, Footwear Industry, Miscellaneous Leather and Allied Products Industries	Leather

Table 3.A1 (cont'd)

No.	Industries	Abbreviation
29.	Man-made Fibre Yarn and Woven Cloth Industries, Wool Yarn and Woven Cloth Industries	Fibre Yarn
30.	Broad Knitted Fabric Industry	Knitted Fabric
31.	Miscellaneous Textile Products Industries	Misc. Textile
32.	Carpet, Mat and Rug Industry	Carpet
33.	Clothing, Hosiery Industries	Clothing
34.	Sawmill, Planing Mill and Shingle Mill Products Industries	Sawmill
35.	Veneer and Plywood Industries	Veneer
36.	Sash, Door and Other Millwork Industries	Sash
37.	Wooden Box and Coffin Industries	Wooden Box
38.	Other Wood Industries	Oth. Wood
39.	Household Furniture Industries	House. Furn.
40.	Office Furniture Industries	Office Furn.
41.	Other Furniture and Fixture Industries	Oth. Furn.
42.	Pulp and Paper Industries	Pulp
43.	Asphalt Roofing Industry	Roofing
44.	Paper Box and Bag Industries	Paper Box
45.	Other Converted Paper Products Industries	Oth. Paper
46.	Printing and Publishing Industries	Printing
47.	Platemaking, Typesetting and Bindery Industries	Platemaking
48.	Primary Steel Industries	Primary Steel
49.	Steel Pipe and Tube Industry	Steel Pipe
50.	Iron Foundries	Iron
51.	Non-ferrous Metal Smelting and Refining Industries	Non-ferrous
52.	Aluminium Rolling, Casting and Extruding Industries	Aluminium
53.	Copper and Alloy Rolling, Casting and Extruding Industries	Copper
54.	Other Rolling, Casting and Extruding, Non-ferrous Metal Products Industries	Oth. Roll.
55.	Power Boiler and Structural Metal Industries	Power Boiler
56.	Ornamental and Architectural Metal Products Industries	Ornamental
57.	Stamped, Pressed and Coated Metal Products Industries	Stamped
58.	Wire and Wire Products Industries	Wire
59.	Hardware, Tool and Cutlery Industries	Hardware
60.	Heating Equipment Industry	Heating
61.	Machine Shop Industry	Machine Shop
62.	Other Metal Fabricating Industries	Oth. Metal
63.	Agricultural Implement Industry	Agr. Implement

Table 3.A1 (cont'd)

No.	Industries	Abbreviation
64.	Commercial Refrigeration and Air Conditioning Equipment Industries	Refrig.
65.	Other Machinery and Equipment Industries	Oth. M&E
66.	Aircraft and Aircraft Parts Industry	Aircraft
67.	Motor Vehicle Industry	Motor Veh.
68.	Truck and Bus Body and Trailer Industries	Truck
69.	Motor Vehicle Parts and Accessories Industries	Motor Parts
70.	Railroad Rolling Stock Industry	Railroad
71.	Shipbuilding and Repair Industry	Shipbuilding
72.	Miscellaneous Transportation Equipment Industries	Misc. Trans.
73.	Small Electrical Appliances Industry	Small Elec.
74.	Major Appliances Industries (Electric and Non-electric)	Major Appl.
75.	Other Electrical and Electronic Products Industries, Battery Industry	Oth. Elec.
76.	Record Player, Radio and Television Receiver Industries	Record Player
77.	Communications and Other Electronic Equipment Industries	Comm. Equip.
78.	Office, Store and Business Machine Industries	Office Machine
79.	Communications and Energy Wire and Cable Industries	Wire and Cable
80.	Clay Products Industries	Clay
81.	Hydraulic Cement Industry	Hydraulic
82.	Concrete Products Industries	Concrete
83.	Ready-mix Concrete Industry	Ready-mix
84.	Glass and Glass Products Industries	Glass
85.	Miscellaneous Non-metallic Mineral Products Industries	Misc. Non-met.
86.	Refined Petroleum and Coal Products Industries	Ref. Pet. and Coal
87.	Industrial Chemicals Industries N.E.C.	Oth. Ind. Chem.
88.	Chemical Products Industries N.E.C.	Oth. Chemical
89.	Plastic and Synthetic Resin Industry	Plastic and Syn.
90.	Pharmaceutical and Medicine Industry	Pharma.
91.	Paint and Varnish Industry	Paint
92.	Soap and Cleaning Compounds Industry	Soap
93.	Toilet Preparations Industry	Toilet
94.	Floor Tile, Linoleum and Coated Fabric Industries, Other Manufacturing Industries	Tile
95.	Jewellery and Precious Metal Industries	Jewellery
96.	Sporting Goods and Toy Industries	Sporting
97.	Sign and Display Industry	Sign
98.	Construction Industries	Construction

Table 3.A1 (cont'd)

No.	Industries	Abbreviation
99.	Air Transport and Related Services Industries	Air Trans.
100.	Railway Transport and Related Services Industries	Rail Trans.
101.	Water Transport and Related Services Industries	Water Trans.
102.	Truck Transport Industries	Truck Trans.
103.	Urban, Interurban and Rural Transit Systems Industries, Miscellaneous Transport Services	Urban Trans.
104.	Pipeline Transport Industries	Pipeline
105.	Storage and Warehousing Industries	Storage
106.	Telecommunication Broadcasting Industries	Broadcasting
107.	Telecommunication Carriers Industries	Tel. Carrier
108.	Postal and Courier Services Industries	Courier
109.	Electric Power Systems Industry	Electric Power
110.	Gas Distribution Systems Industry	Gas Dist.
111.	Water Systems and Other Utility Industries, N.E.C.	Water Sys.
112.	Wholesale Trade Industries	Wholesale
113.	Retail Trade Industries	Retail
114.	Finance and Real Estate Industries	Finance
115.	Insurance Industries	Insurance
116.	Professional Business Services, Advertising Services, Other Business Services	Professional
117.	Educational Services Industries, Private	Education
118.	Other Health and Social Services Industries	Oth. Health
119.	Accommodation and Food Services Industries	Accomod.
120.	Motion Picture and Video Industries, Other Amusement and Recreational Services	Motion Pic.
121.	Laundries and Cleaners, Other Personal Services Industries	Laundries
122.	Membership Organizations (Excluding Religious) and Other Services Industries	Membership

Table 3.A2

Annual Growth Rates, Output and TFP (%)

	Output Growth			TFP Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric.	3.49	3.84	2.17	2.12	1.22	1.35
2. Fishing	0.79	3.24	-2.26	-0.65	0.06	-2.40
3. Logging	3.99	2.33	1.97	1.59	1.46	-0.60
4. Gold	-6.68	5.85	2.32	-0.98	1.85	2.82
5. Oth. Mines	4.97	-0.70	-1.98	0.49	1.05	-0.70
6. Iron Mines	10.75	-1.90	-1.46	1.68	0.41	-0.27
7. Asbestos	3.69	-6.75	-3.48	-1.27	-2.57	0.77
8. Non-metal Mines	15.03	4.37	0.18	7.63	1.42	2.84
9. Salt	5.79	5.52	0.49	2.02	3.91	1.27
10. Coal	5.96	7.79	-0.39	2.44	3.82	3.12
11. Crude Pet. and Gas	10.50	0.41	3.78	3.51	-5.46	3.50
12. Quarry	5.69	3.48	-2.11	2.21	1.13	-3.37
13. Oth. Mining	5.62	5.54	1.79	-0.65	0.27	-0.26
14. Poultry	4.05	2.31	0.52	0.15	0.20	-0.38
15. Fish Prod.	2.96	2.51	-1.32	-0.61	0.19	1.29
16. Fruit	3.78	2.44	1.01	0.85	0.82	1.17
17. Dairy	1.99	1.23	-1.55	0.48	0.12	-0.63
18. Feed	3.60	1.89	2.45	0.88	-0.19	1.62
19. Veg. Oil	6.14	6.55	7.10	0.87	0.72	1.13
20. Biscuit	1.06	-0.95	0.71	0.94	-0.21	-0.32
21. Soft Drink	5.71	1.61	0.46	0.75	-0.21	0.35
22. Distillery	6.92	-2.03	-3.56	2.58	0.21	0.15
23. Brewery	4.78	1.45	0.22	1.94	-0.73	1.92
24. Wine	9.68	2.87	-2.92	2.54	1.44	-1.61

Table 3.A2 (cont'd)

	Output Growth			TFP Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
25. Tobacco	2.18	-1.10	-0.65	0.75	0.82	0.27
26. Rubber	7.59	1.52	4.35	1.20	0.72	3.18
27. Plastic	13.63	5.88	2.29	3.22	0.18	-0.10
28. Leather	0.88	-0.60	-6.18	0.59	1.09	-0.34
29. Fibre Yarn	4.62	0.26	-0.30	1.34	2.01	1.04
30. Knitted Fabric	10.04	1.79	1.09	2.16	2.73	1.27
31. Misc. Textile	5.80	2.70	-1.04	1.41	-0.10	0.70
32. Carpet	20.11	3.22	-4.26	3.86	1.46	-0.23
33. Clothing	4.58	1.41	-2.01	0.90	0.69	0.72
34. Sawmill	5.78	3.85	1.44	0.27	1.72	-1.05
35. Veneer	4.82	-0.36	0.16	0.64	1.05	-1.69
36. Sash	6.11	3.91	-2.22	0.66	-0.02	-0.64
37. Wooden Box	4.16	1.78	-1.25	0.43	0.54	-1.51
38. Oth. Wood	3.52	7.10	3.79	-1.06	1.36	1.29
39. House. Furn.	6.65	0.69	-3.67	1.53	-0.89	0.96
40. Office Furn.	8.51	6.27	-0.15	2.40	-0.24	0.90
41. Oth. Furn.	6.64	2.25	0.94	1.49	-0.65	1.91
42. Pulp	4.33	1.96	1.72	-0.15	0.19	-0.37
43. Roofing	2.78	4.00	-2.60	1.64	1.59	-0.10
44. Paper Box	5.38	1.16	0.78	1.05	0.03	0.39
45. Oth. Paper	6.57	1.68	1.07	0.96	-0.73	1.34
46. Printing	3.81	3.73	-2.23	0.46	0.52	-1.44
47. Platemaking	4.65	5.12	-3.67	1.06	1.25	-2.14
48. Primary Steel	6.81	0.83	-0.15	0.95	-0.50	1.22
49. Steel Pipe	5.07	2.78	2.59	1.87	0.56	2.69
50. Iron	6.34	0.20	2.22	1.56	1.08	1.54

Table 3.A2 (cont'd)

	Output Growth			TFP Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
51. Non-ferrous	3.41	1.53	2.85	0.15	0.81	0.26
52. Aluminium	7.61	3.16	1.15	1.72	0.49	-1.16
53. Copper	4.07	-1.54	-4.66	0.40	0.46	1.26
54. Oth. Roll.	5.87	3.22	-0.82	-0.05	0.14	1.73
55. Power Boiler	6.67	0.43	-0.58	1.88	0.54	-0.45
56. Ornamental	5.95	4.74	-3.06	-0.10	2.42	1.03
57. Stamped	6.51	3.57	-2.55	0.38	1.06	1.56
58. Wire	6.77	-0.27	-1.27	1.44	-0.18	0.86
59. Hardware	7.91	1.59	2.04	1.55	-0.46	1.56
60. Heating	2.93	1.63	1.01	1.39	0.18	2.11
61. Machine Shop	5.75	4.71	6.00	1.70	-0.01	3.29
62. Oth. Metal	7.09	-1.01	0.39	1.49	-0.34	0.71
63. Agr. Implement	7.51	-1.63	7.43	1.30	0.75	2.19
64. Refrig.	11.34	1.94	-1.30	1.93	0.93	0.85
65. Oth. M&E	8.60	2.86	2.62	1.27	0.22	0.24
66. Aircraft	0.20	5.17	2.10	0.40	-0.24	1.46
67. Motor Veh.	13.17	4.05	5.21	2.81	0.32	0.30
68. Truck	18.17	0.67	-1.27	1.70	0.35	0.10
69. Motor Parts	14.20	5.11	4.79	2.04	2.04	1.52
70. Railroad	11.89	-1.17	7.19	2.67	-1.55	-0.08
71. Shipbuilding	3.61	0.55	-6.38	-0.19	-0.18	0.06
72. Misc. Trans.	17.39	0.01	9.50	2.39	0.16	2.87
73. Small Elec.	9.71	-0.59	-6.88	3.67	0.87	1.09
74. Major Appl.	6.27	-0.27	-3.56	2.39	-0.32	1.76
75. Oth. Elec.	6.96	1.56	-3.38	2.18	0.50	-0.18
76. Record Player	9.39	1.16	-7.31	3.17	3.36	-1.58

Table 3.A2 (cont'd)

	Output Growth			TFP Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
77. Comm. Equip.	8.69	7.06	9.32	2.34	1.80	0.92
78. Office Machine	5.97	20.74	22.24	-0.33	7.00	3.99
79. Wire and Cable	5.52	1.45	-1.73	0.38	0.24	0.10
80. Clay	3.32	-1.31	-12.42	2.51	0.27	-6.16
81. Hydraulic	4.58	-0.29	-2.02	1.72	-0.28	-0.39
82. Concrete	5.88	0.51	-4.98	2.14	0.96	-1.45
83. Ready-mix	8.52	1.22	-3.30	0.77	-0.96	-0.67
84. Glass	6.85	2.04	-0.49	1.93	1.11	1.25
85. Misc. Non-met.	5.66	1.81	-2.37	2.14	0.49	-0.28
86. Ref. Pet and Coal	6.18	-0.12	1.32	0.75	0.18	0.34
87. Oth. Ind. Chem.	6.86	3.80	-0.29	1.32	1.11	1.58
88. Oth. Chemical	5.66	3.83	1.92	1.11	0.69	1.48
89. Plastic and Syn.	8.21	6.10	6.68	2.76	0.56	2.90
90. Pharma.	8.33	4.50	3.41	2.51	1.92	-0.57
91. Paint	4.59	2.20	-3.23	0.55	0.76	-2.49
92. Soap	3.89	4.09	-0.02	1.94	-0.13	2.00
93. Toilet	6.78	3.51	0.65	1.27	-0.08	2.44
94. Tile	6.09	1.90	0.11	1.79	-0.15	0.22
95. Jewellery	4.99	1.37	-3.20	-0.58	0.41	0.60
96. Sporting	7.36	2.33	3.93	1.36	0.84	1.77
97. Sign	4.38	3.87	-1.04	1.11	-1.29	1.17
98. Construction	4.09	2.76	-1.69	-0.05	0.76	-0.25
99. Air Trans.	8.81	4.30	0.13	1.68	0.06	-2.01
100. Rail Trans.	4.95	2.61	0.01	4.99	2.89	1.55
101. Water Trans.	6.02	0.21	-1.98	2.66	2.04	-1.14
102. Truck Trans.	6.16	4.68	3.80	1.50	1.10	0.84

Table 3.A2 (cont'd)

	Output Growth			TFP Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
103. Urban Trans.	4.65	2.68	0.82	-0.63	-0.21	-1.44
104. Pipeline	11.86	1.27	6.74	6.69	0.50	1.89
105. Storage	2.61	1.91	0.80	1.49	-1.10	-0.53
106. Broadcasting	9.43	5.25	3.43	2.29	-0.70	-0.94
107. Tel. Carrier	8.36	8.18	4.83	4.68	4.94	1.79
108. Courier	4.53	5.65	1.74	1.93	-0.03	-1.94
109. Electric Power	8.45	4.56	1.56	2.78	0.31	-1.95
110. Gas Dist.	8.23	3.20	1.39	4.71	-0.75	-2.13
111. Water Sys.	9.24	6.47	1.31	1.13	1.28	-1.71
112. Wholesale	6.38	4.84	2.93	1.82	2.13	-0.01
113. Retail	5.37	3.63	1.87	2.35	0.83	0.16
114. Finance	5.81	4.07	3.32	-1.08	-2.11	1.91
115. Insurance	2.06	5.15	2.91	-1.37	2.19	-0.42
116. Professional	8.88	7.20	4.18	0.47	-0.59	-1.40
117. Education	3.91	2.29	-3.23	-1.05	3.28	-5.89
118. Oth. Health	7.32	5.26	2.34	0.10	0.56	-0.36
119. Accomod.	4.43	2.79	0.90	-0.47	-1.76	0.39
120. Motion Pic.	5.40	6.29	2.85	-0.48	-0.35	-1.38
121. Laundries	0.69	1.98	0.32	0.08	0.93	-1.74
122. Membership	6.98	6.26	2.96	1.39	-0.67	-1.31
Average	6.34	2.71	0.53	1.39	0.58	0.30

Table 3.A3

Annual Growth Rates, Inputs (%)

	Capital Input			Labour Input			Intermediate Input		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric.	1.61	0.06	-3.13	-3.00	-0.04	0.04	4.64	4.60	1.98
2. Fishing	2.00	-0.47	3.42	-2.23	4.46	-6.49	3.88	5.44	1.70
3. Logging	1.98	-2.60	-0.99	-0.27	-0.97	0.12	5.19	2.89	4.48
4. Gold	4.03	-0.31	-4.10	-8.92	5.34	-0.37	-4.44	11.28	2.74
5. Oth. Mines	4.10	-0.24	-2.90	2.38	-3.14	-2.59	8.69	-0.02	1.58
6. Iron Mines	10.22	-1.52	-0.79	3.46	-4.77	-0.21	10.96	-1.86	-2.01
7. Asbestos	7.45	-1.23	-1.80	1.71	-6.66	-0.81	5.27	-4.62	-7.04
8. Non-metal Mines	4.94	2.74	-8.16	5.61	1.56	1.90	11.79	3.94	2.37
9. Salt	4.50	-0.14	-3.87	2.18	1.34	1.20	4.60	3.00	0.09
10. Coal	13.39	3.07	-11.66	-2.57	2.94	-1.09	7.15	7.56	0.68
11. Crude Pet. and Gas	6.43	5.12	-1.09	8.96	7.01	-1.29	8.86	9.02	3.83
12. Quarry	3.00	0.56	6.35	0.67	1.85	1.65	6.16	3.81	-2.58
13. Oth. Mining	8.84	2.92	-3.22	4.63	6.86	1.73	6.08	5.58	2.79
14. Poultry	3.80	0.83	0.15	1.69	0.43	1.03	4.23	2.39	0.93
15. Fish Prod.	6.63	1.40	-1.12	4.00	2.05	-4.70	3.40	2.56	-2.03
16. Fruit	5.71	0.74	0.38	0.72	-0.57	0.87	3.08	2.50	-0.60
17. Dairy	6.66	0.68	-0.18	-1.21	-0.65	-1.95	1.59	1.41	-0.87
18. Feed	1.26	3.70	-2.40	1.17	1.01	0.41	3.26	1.98	1.93
19. Veg. Oil	3.11	4.25	3.35	2.99	4.31	2.80	5.55	5.99	6.65
20. Biscuit	0.52	-1.90	4.73	-0.76	-1.53	-0.42	0.59	0.30	0.36
21. Soft Drink	4.16	-0.02	-1.71	1.27	-0.99	-0.95	7.27	3.26	0.85
22. Distillery	4.51	-3.22	-1.81	2.69	-1.80	-8.76	4.72	-1.74	-2.71
23. Brewery	3.72	-0.51	-3.26	1.30	2.06	-2.50	2.98	3.72	0.20
24. Wine	4.30	-0.91	-2.05	6.00	1.06	-3.32	8.57	2.26	-0.59

Table 3.A3 (cont'd)

	Capital Input			Labour Input			Intermediate Input		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
25. Tobacco	1.80	-1.54	-2.31	-0.63	-3.37	-1.82	1.76	-1.56	0.12
26. Rubber	6.78	-0.22	3.10	3.67	0.64	-0.84	7.63	1.10	3.01
27. Plastic	5.37	4.43	2.59	8.52	4.48	1.82	12.17	6.37	2.66
28. Leather	2.84	-0.91	-2.12	-1.79	-2.55	-6.21	1.31	-1.30	-6.19
29. Fibre Yarn	4.14	-2.44	-1.00	0.13	-3.46	-3.09	4.50	-0.84	-0.59
30. Knitted Fabric	6.53	-1.97	5.11	3.35	-3.66	-0.28	8.92	-0.14	-0.93
31. Misc. Textile	5.88	1.32	-0.57	2.39	2.64	-2.05	5.07	3.17	-1.85
32. Carpet	8.75	-1.84	-3.95	11.67	-0.90	-5.57	18.97	2.83	-3.70
33. Clothing	4.98	1.68	1.79	0.90	-0.55	-4.71	5.10	1.28	-2.47
34. Sawmill	10.49	0.79	0.39	2.94	0.10	0.87	6.11	3.06	3.42
35. Veneer	7.56	-2.54	1.88	2.52	-2.95	-0.26	4.70	-0.68	2.39
36. Sash	1.86	1.20	-3.47	4.11	3.79	-1.71	6.52	4.40	-1.48
37. Wooden Box	5.37	-1.13	17.46	1.29	-0.84	-2.11	5.10	2.63	2.15
38. Oth. Wood	7.23	6.14	2.25	2.95	2.47	0.47	5.00	7.21	4.30
39. House. Furn.	5.24	1.58	-4.43	3.56	0.79	-4.65	6.13	2.09	-4.57
40. Office Furn.	7.10	5.04	-6.11	2.83	4.67	-0.23	8.60	7.84	-0.23
41. Oth. Furn.	5.31	0.24	-6.78	3.21	2.68	-0.88	6.27	3.43	0.14
42. Pulp	6.03	0.94	4.07	1.64	0.01	-1.39	5.36	2.63	2.25
43. Roofing	2.61	1.98	0.91	-1.65	1.87	-5.69	2.02	2.70	-3.45
44. Paper Box	5.19	0.88	-0.61	2.88	-0.31	0.49	4.80	1.66	0.43
45. Oth. Paper	7.33	3.66	2.98	4.59	0.38	-0.83	5.81	3.14	-0.35
46. Printing	3.46	1.93	-1.11	2.01	2.24	-0.32	4.55	4.39	-1.12
47. Platemaking	-0.04	1.58	10.35	2.25	3.18	-2.09	6.29	5.74	-3.34
48. Primary Steel	4.72	1.32	-4.93	3.80	-0.28	-4.56	7.19	2.11	0.19
49. Steel Pipe	-1.43	6.22	-14.21	4.13	1.14	0.15	3.55	2.34	1.81
50. Iron	3.82	-1.41	-0.28	3.34	-1.96	-0.63	6.27	0.22	1.82

Table 3.A3 (cont'd)

	Capital Input			Labour Input			Intermediate Input		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
51. Non-ferrous	2.73	2.46	5.95	0.78	-0.34	-2.02	3.87	1.02	3.19
52. Aluminium	4.88	1.11	4.54	2.58	-0.19	1.05	6.78	3.30	2.37
53. Copper	-1.36	-1.69	-5.08	1.80	-1.88	-4.67	4.28	-2.13	-5.76
54. Oth. Roll.	3.39	2.33	0.42	5.32	2.40	-1.68	6.57	3.59	-3.32
55. Power Boiler	3.96	-3.05	-6.33	3.62	-0.26	-0.18	5.66	0.87	1.29
56. Ornamental	5.01	0.99	-6.72	2.92	2.36	-5.44	7.96	2.36	-3.06
57. Stamped	7.05	2.39	-14.73	3.48	1.44	-1.42	7.09	2.99	-3.15
58. Wire	2.24	0.36	-6.86	3.84	-1.21	-1.20	6.63	0.22	-1.60
59. Hardware	3.48	2.46	-0.83	6.38	1.49	1.19	7.06	2.44	0.28
60. Heating	2.11	-0.76	-2.33	-0.61	2.68	-1.42	2.49	1.26	-0.46
61. Machine Shop	5.44	-1.73	3.44	2.87	5.01	1.73	4.88	5.63	3.85
62. Oth. Metal	4.62	-0.29	-7.65	3.96	-1.40	0.54	6.86	-0.35	0.93
63. Agr. Implement	2.70	-3.10	3.46	3.09	-1.99	0.46	8.25	-2.55	7.43
64. Refrig.	4.80	1.34	-3.87	7.32	0.64	-2.14	11.45	0.88	-2.01
65. Oth. M&E	2.87	0.62	3.80	5.36	2.65	-0.12	9.78	3.25	3.26
66. Aircraft	-0.37	3.61	0.83	-0.19	4.07	-1.02	0.18	6.75	2.12
67. Motor Veh.	3.18	11.47	-0.16	6.24	0.64	0.64	12.06	4.16	5.62
68. Truck	11.62	5.52	-0.38	13.62	-0.56	-0.71	17.73	0.38	-1.68
69. Motor Parts	9.10	3.29	-0.90	9.82	2.65	2.37	13.89	3.75	4.40
70. Railroad	-1.27	6.56	2.74	5.48	0.66	0.78	11.07	-1.46	10.74
71. Shipbuilding	1.58	-0.76	18.22	1.41	-1.77	-6.57	6.17	2.07	-10.93
72. Misc. Trans.	10.20	-1.13	12.34	11.08	-0.30	-2.12	17.77	0.28	8.75
73. Small Elec.	2.76	0.18	-16.98	4.89	-2.92	-10.96	7.50	-0.91	-5.83
74. Major Appl.	5.49	1.93	-2.92	1.48	-1.84	-5.18	4.89	0.35	-5.65
75. Oth. Elec.	3.67	-0.54	-2.80	3.47	-0.24	-4.97	5.88	2.19	-2.47
76. Record Player	5.83	0.25	1.78	1.82	-7.59	-15.01	8.01	-0.47	-5.47

Table 3.A3 (cont'd)

	Capital Input			Labour Input			Intermediate Input		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
77. Comm. Equip.	6.48	3.82	7.62	4.17	2.51	-0.05	8.72	7.80	12.34
78. Office Machine	6.90	12.64	-0.28	2.86	3.75	-0.64	7.89	18.07	22.47
79. Wire and Cable	2.75	1.55	-2.50	3.00	-0.82	-2.88	6.23	1.75	-1.78
80. Clay	-1.38	1.55	-8.92	-0.27	-2.85	-5.18	2.84	-2.22	-8.36
81. Hydraulic	-0.28	1.17	-5.36	2.80	-2.10	-2.58	5.67	0.60	0.01
82. Concrete	4.35	-6.34	-2.96	2.23	0.07	-3.08	4.53	1.22	-4.27
83. Ready-mix	14.23	1.91	-3.96	6.13	1.47	-1.93	7.08	2.06	-3.14
84. Glass	8.95	-1.62	-2.17	2.69	0.40	-4.52	5.57	2.12	0.28
85. Misc. Non-met.	2.33	1.70	-1.76	2.18	0.10	-2.78	4.79	1.96	-1.88
86. Ref. Pet and Coal	3.48	1.35	-2.60	1.80	-0.58	-1.72	6.03	-0.25	1.18
87. Oth. Ind. Chem.	5.88	4.76	-3.31	1.55	0.20	-2.69	6.80	3.18	-0.75
88. Oth. Chemical	4.94	1.53	-2.03	2.10	1.25	0.88	5.31	4.02	1.15
89. Plastic and Syn.	1.71	2.10	-1.04	2.02	2.80	2.71	7.77	6.60	4.74
90. Pharma.	5.61	1.27	5.60	3.66	1.78	1.54	6.95	3.37	4.06
91. Paint	4.57	-0.06	0.60	1.46	-0.08	0.13	5.04	2.22	-1.52
92. Soap	4.13	5.02	-0.72	1.36	2.51	-2.01	1.57	4.58	-2.15
93. Toilet	3.11	3.12	-1.41	6.00	3.63	-3.67	6.01	3.84	-1.13
94. Tile	6.86	2.77	1.13	2.13	1.70	-1.01	5.22	2.14	0.13
95. Jewellery	9.82	-0.01	2.61	3.36	-0.62	-1.60	5.99	1.23	-4.40
96. Sporting	5.80	0.23	4.53	4.59	0.01	2.75	6.71	2.51	1.51
97. Sign	2.83	6.75	-1.55	2.70	4.11	-1.62	4.26	5.58	-2.70
98. Construction	1.04	0.84	0.99	2.65	1.81	-1.12	5.17	2.35	-1.90
99. Air Trans.	5.27	3.76	8.10	6.60	3.00	1.47	8.38	5.31	1.99
100. Rail Trans.	-0.38	0.75	-4.58	-1.53	-3.30	-2.36	2.65	2.26	0.11
101. Water Trans.	-0.35	-0.72	-2.39	-0.76	-0.80	-3.79	7.51	-2.67	1.87
102. Truck Trans.	2.68	1.17	2.00	2.39	3.37	4.00	7.39	4.25	2.53

Table 3.A3 (cont'd)

	Capital Input			Labour Input			Intermediate Input		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
103. Urban Trans.	4.99	4.30	0.68	3.23	2.27	2.65	7.64	3.50	2.25
104. Pipeline	4.39	0.31	6.06	3.84	5.01	3.77	9.62	0.14	0.53
105. Storage	2.14	6.50	-1.85	0.45	0.99	1.42	0.81	3.31	2.51
106. Broadcasting	7.48	5.54	7.71	4.60	4.93	-0.29	8.85	6.92	5.35
107. Tel. Carrier	3.52	2.68	4.54	3.39	1.88	-0.05	4.81	8.03	4.32
108. Courier	6.67	12.61	-2.45	2.91	4.61	2.66	2.30	8.88	5.06
109. Electric Power	5.91	4.73	2.51	3.44	3.39	1.57	7.86	3.94	8.76
110. Gas Dist.	4.51	4.41	3.07	1.07	2.91	3.60	3.10	3.14	5.64
111. Water Sys.	7.22	2.38	9.98	5.89	5.67	3.94	9.51	6.05	0.74
112. Wholesale	1.61	1.90	2.21	4.97	1.95	1.97	5.57	4.47	4.86
113. Retail	1.35	2.16	4.81	2.64	2.67	0.36	4.42	3.35	3.15
114. Finance	6.54	7.01	1.12	6.11	4.30	0.20	8.20	6.84	2.60
115. Insurance	5.48	3.98	4.76	0.60	0.52	2.28	4.46	4.20	3.18
116. Professional	8.03	10.73	16.86	7.58	6.82	4.29	10.87	8.49	6.70
117. Education	9.25	13.71	7.10	5.68	2.84	3.71	5.14	2.84	4.35
118. Oth. Health	8.01	2.03	0.37	7.53	4.96	3.30	6.06	6.24	2.68
119. Accomod.	7.25	7.76	3.26	4.13	4.73	-0.86	5.12	3.65	1.37
120. Motion Pic.	8.07	7.89	4.06	5.14	5.23	2.79	5.82	7.22	5.17
121. Laundries	2.14	-0.39	1.29	0.19	0.22	1.44	2.02	3.30	3.62
122. Membership	6.96	13.59	5.77	5.72	4.00	3.64	4.70	7.98	4.80
Average	4.71	1.96	0.10	3.00	1.06	-0.96	6.21	3.01	0.90

Table 3.A4

Annual Growth Rates, Capital Stock and Quality (%)

	Capital Stock Growth			Capital Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric.	0.17	0.06	-0.11	1.44	0.00	-3.03
2. Fishing	2.01	-0.59	3.39	-0.01	0.13	0.03
3. Logging	-0.04	-2.44	-2.46	2.02	-0.16	1.47
4. Gold	5.44	0.39	-4.01	-1.41	-0.70	-0.09
5. Oth. Mines	3.85	-1.08	-2.48	0.25	0.84	-0.42
6. Iron Mines	7.79	-2.17	0.37	2.42	0.65	-1.16
7. Asbestos	7.45	-2.70	-1.63	0.00	1.47	-0.16
8. Non-metal Mines	5.20	2.43	-7.88	-0.26	0.31	-0.28
9. Salt	4.26	0.06	-3.54	0.24	-0.20	-0.33
10. Coal	12.06	2.30	-11.40	1.33	0.77	-0.26
11. Crude Pet. and Gas	6.44	5.10	-1.11	-0.01	0.02	0.01
12. Quarry	2.50	1.08	7.27	0.49	-0.53	-0.92
13. Oth. Mining	7.49	3.01	-3.34	1.35	-0.09	0.11
14. Poultry	2.68	0.55	-0.30	1.12	0.28	0.45
15. Fish Prod.	3.10	0.88	-1.99	3.52	0.52	0.87
16. Fruit	5.90	0.16	0.41	-0.19	0.59	-0.03
17. Dairy	5.95	0.21	-0.54	0.71	0.47	0.37
18. Feed	4.26	3.95	-2.54	-3.00	-0.26	0.14
19. Veg. Oil	0.40	1.47	1.76	2.72	2.78	1.59
20. Biscuit	0.73	-1.52	4.63	-0.21	-0.38	0.11
21. Soft Drink	2.60	-0.48	-2.43	1.56	0.47	0.72
22. Distillery	4.08	-3.41	-1.14	0.43	0.19	-0.67
23. Brewery	2.18	-1.04	-3.27	1.54	0.53	0.01
24. Wine	3.48	-0.89	-2.28	0.81	-0.02	0.23

Table 3.A4 (cont'd)

	Capital Stock Growth			Capital Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
25. Tobacco	1.41	-1.81	-2.28	0.39	0.27	-0.04
26. Rubber	6.23	-1.35	-2.48	0.56	1.12	5.58
27. Plastic	4.07	4.51	2.53	1.30	-0.08	0.06
28. Leather	1.42	-0.41	-0.90	1.42	-0.49	-1.22
29. Fibre Yarn	4.15	-2.20	-0.70	-0.01	-0.23	-0.30
30. Knitted Fabric	5.76	-1.45	3.03	0.77	-0.52	2.08
31. Misc. Textile	5.96	1.42	-0.91	-0.08	-0.10	0.34
32. Carpet	8.28	-1.13	-2.00	0.46	-0.71	-1.95
33. Clothing	4.89	2.06	1.83	0.09	-0.38	-0.04
34. Sawmill	9.76	1.58	-1.66	0.73	-0.79	2.05
35. Veneer	6.12	-2.22	0.19	1.44	-0.32	1.69
36. Sash	2.52	0.74	-4.89	-0.67	0.45	1.42
37. Wooden Box	4.20	-0.50	3.79	1.18	-0.63	13.66
38. Oth. Wood	6.22	5.28	-1.34	1.01	0.86	3.58
39. House. Furn.	5.49	2.38	-5.06	-0.25	-0.79	0.63
40. Office Furn.	7.41	5.27	-11.77	-0.30	-0.23	5.67
41. Oth. Furn.	4.13	-0.25	-8.35	1.18	0.49	1.57
42. Pulp	6.22	1.05	2.79	-0.20	-0.11	1.28
43. Roofing	1.64	1.41	1.06	0.97	0.57	-0.15
44. Paper Box	4.80	0.93	1.15	0.39	-0.04	-1.76
45. Oth. Paper	6.08	2.91	1.29	1.25	0.75	1.69
46. Printing	3.35	1.54	0.10	0.10	0.39	-1.20
47. Platemaking	1.88	0.98	8.54	-1.92	0.60	1.81
48. Primary Steel	4.05	-0.18	-4.72	0.67	1.50	-0.22
49. Steel Pipe	-1.08	3.67	-13.44	-0.35	2.55	-0.77
50. Iron	3.36	-2.55	-1.24	0.46	1.14	0.96

Table 3.A4 (cont'd)

	Capital Stock Growth			Capital Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
51. Non-ferrous	2.95	0.99	4.67	-0.23	1.47	1.28
52. Aluminium	5.60	1.30	2.51	-0.73	-0.19	2.03
53. Copper	-2.02	-2.68	-4.81	0.66	0.99	-0.27
54. Oth. Roll.	2.94	1.66	-0.38	0.44	0.67	0.80
55. Power Boiler	2.47	-2.83	-6.76	1.48	-0.22	0.43
56. Ornamental	3.42	0.94	-7.51	1.60	0.05	0.79
57. Stamped	5.27	1.55	-14.36	1.78	0.85	-0.37
58. Wire	1.68	0.57	-11.26	0.55	-0.20	4.40
59. Hardware	2.69	2.74	-2.53	0.80	-0.29	1.70
60. Heating	1.23	-1.22	-2.57	0.88	0.46	0.24
61. Machine Shop	4.48	-0.73	-3.19	0.96	-1.01	6.63
62. Oth. Metal	3.74	-0.38	-8.91	0.88	0.09	1.26
63. Agr. Implement	4.63	-7.08	2.28	-1.93	3.98	1.19
64. Refrig.	4.10	0.24	-4.06	0.70	1.10	0.18
65. Oth. M&E	2.28	-0.08	2.86	0.60	0.70	0.94
66. Aircraft	1.56	3.93	0.95	-1.92	-0.32	-0.12
67. Motor Veh.	2.34	3.48	-4.56	0.84	7.99	4.40
68. Truck	11.06	5.09	4.88	0.56	0.43	-5.26
69. Motor Parts	7.47	2.03	0.24	1.64	1.25	-1.15
70. Railroad	-0.90	5.02	2.02	-0.37	1.54	0.73
71. Shipbuilding	4.70	-1.12	7.06	-3.12	0.36	11.16
72. Misc. Trans.	11.32	-2.99	11.67	-1.11	1.86	0.67
73. Small Elec.	0.51	-0.42	-22.00	2.25	0.60	5.02
74. Major Appl.	5.39	1.87	-3.85	0.10	0.06	0.93
75. Oth. Elec.	2.89	-0.83	-2.89	0.79	0.29	0.09
76. Record Player	3.88	-1.54	9.77	1.95	1.79	-7.99

Table 3.A4 (cont'd)

	Capital Stock Growth			Capital Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
77. Comm. Equip.	5.61	2.97	10.49	0.87	0.86	-2.87
78. Office Machine	6.63	8.43	1.93	0.27	4.21	-2.21
79. Wire and Cable	2.96	2.61	-1.15	-0.20	-1.06	-1.35
80. Clay	-3.35	-0.35	-7.11	1.97	1.91	-1.82
81. Hydraulic	-1.11	1.24	-4.97	0.82	-0.07	-0.39
82. Concrete	4.57	-6.34	-3.58	-0.22	0.00	0.62
83. Ready-mix	12.00	0.79	-3.51	2.24	1.11	-0.45
84. Glass	8.02	-1.27	-1.73	0.93	-0.35	-0.44
85. Misc. Non-met.	1.93	1.36	-1.43	0.40	0.34	-0.33
86. Ref. Pet and Coal	-3.74	-2.99	-2.40	7.22	4.35	-0.20
87. Oth. Ind. Chem.	5.25	3.23	-3.16	0.63	1.53	-0.15
88. Oth. Chemical	3.62	1.06	-2.21	1.32	0.47	0.18
89. Plastic and Syn.	1.48	1.23	-1.37	0.23	0.87	0.33
90. Pharma.	4.21	0.83	5.26	1.40	0.45	0.34
91. Paint	3.66	-0.41	0.30	0.91	0.35	0.30
92. Soap	1.27	4.15	-1.62	2.86	0.87	0.91
93. Toilet	0.67	3.16	-1.34	2.45	-0.04	-0.08
94. Tile	6.01	2.20	0.93	0.85	0.57	0.20
95. Jewellery	10.12	-4.61	-14.41	-0.30	4.60	17.02
96. Sporting	7.16	0.05	3.17	-1.36	0.18	1.37
97. Sign	2.60	6.36	-1.66	0.23	0.40	0.10
98. Construction	-0.48	-0.13	-0.14	1.52	0.97	1.13
99. Air Trans.	5.27	3.40	8.06	0.00	0.36	0.04
100. Rail Trans.	-0.55	-0.32	-4.22	0.17	1.07	-0.36
101. Water Trans.	0.14	-0.74	-2.38	-0.50	0.01	-0.01
102. Truck Trans.	1.71	1.13	2.32	0.97	0.04	-0.33

Table 3.A4 (cont'd)

	Capital Stock Growth			Capital Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
103. Urban Trans.	4.24	3.11	-0.88	0.75	1.20	1.56
104. Pipeline	3.99	-0.14	5.94	0.40	0.44	0.12
105. Storage	1.41	10.96	-5.22	0.73	-4.46	3.37
106. Broadcasting	5.22	5.09	6.01	2.26	0.45	1.70
107. Tel. Carrier	3.83	2.32	4.35	-0.30	0.35	0.19
108. Courier	4.28	3.53	-1.84	2.39	9.08	-0.61
109. Electric Power	5.18	4.25	2.45	0.73	0.48	0.06
110. Gas Dist.	3.99	3.81	2.78	0.52	0.61	0.29
111. Water Sys.	7.75	-0.83	9.79	-0.54	3.21	0.19
112. Wholesale	0.56	1.77	0.31	1.05	0.13	1.90
113. Retail	0.62	2.33	1.15	0.73	-0.17	3.66
114. Finance	4.99	3.16	1.01	1.55	3.85	0.10
115. Insurance	4.48	2.99	4.70	1.00	0.99	0.06
116. Professional	6.64	6.19	10.23	1.39	4.54	6.63
117. Education	2.82	2.72	5.39	6.43	10.99	1.71
118. Oth. Health	6.50	1.25	0.13	1.51	0.78	0.24
119. Accomod.	5.83	4.16	2.58	1.42	3.60	0.68
120. Motion Pic.	5.24	2.89	3.68	2.83	5.00	0.38
121. Laundries	3.61	0.53	0.39	-1.46	-0.91	0.90
122. Membership	-1.43	1.31	2.13	8.39	12.28	3.64
Average	3.93	1.02	-0.75	0.78	0.93	0.85

Table 3.A5

Annual Growth Rates Of Labour Quality (%)

	Hours Worked Growth			Labour Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric.	-3.38	-0.59	-0.37	0.38	0.55	0.41
2. Fishing	-2.94	4.53	-7.15	0.71	-0.07	0.65
3. Logging	-0.81	-1.09	0.19	0.54	0.12	-0.07
4. Gold	-9.49	4.80	-0.14	0.57	0.54	-0.23
5. Oth. Mines	2.19	-3.31	-2.49	0.19	0.18	-0.09
6. Iron Mines	3.05	-4.89	-0.16	0.41	0.11	-0.06
7. Asbestos	1.22	-7.04	-1.10	0.48	0.38	0.29
8. Non-metal Mines	5.03	1.21	1.66	0.58	0.36	0.24
9. Salt	1.80	1.11	0.90	0.38	0.23	0.30
10. Coal	-3.35	2.59	-0.91	0.79	0.34	-0.18
11. Crude Pet. and Gas	8.89	6.73	-1.81	0.06	0.28	0.52
12. Quarry	0.18	1.74	1.51	0.49	0.11	0.13
13. Oth. Mining	4.45	6.53	1.64	0.18	0.33	0.08
14. Poultry	1.48	0.42	1.05	0.21	0.00	-0.02
15. Fish Prod.	3.96	2.05	-4.83	0.05	0.00	0.13
16. Fruit	0.66	-0.78	0.27	0.06	0.21	0.61
17. Dairy	-1.62	-0.74	-2.32	0.42	0.08	0.37
18. Feed	0.82	0.65	0.09	0.35	0.36	0.32
19. Veg. Oil	2.93	1.98	3.06	0.06	2.33	-0.25
20. Biscuit	-0.88	-1.89	-0.53	0.12	0.36	0.11
21. Soft Drink	0.13	-1.28	-1.35	1.14	0.29	0.40
22. Distillery	2.26	-3.22	-9.07	0.43	1.43	0.31
23. Brewery	1.12	1.77	-3.13	0.18	0.30	0.63
24. Wine	5.79	0.94	-3.33	0.21	0.12	0.00

Table 3.A5 (cont'd)

	Hours Worked Growth			Labour Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
25. Tobacco	-1.44	-3.97	-2.59	0.80	0.60	0.78
26. Rubber	3.46	0.35	-0.92	0.21	0.29	0.08
27. Plastic	8.34	4.16	1.42	0.19	0.32	0.40
28. Leather	-1.71	-2.63	-6.63	-0.08	0.07	0.42
29. Fibre Yarn	-0.25	-4.49	-3.31	0.37	1.03	0.21
30. Knitted Fabric	3.00	-4.61	-0.89	0.36	0.96	0.61
31. Misc. Textile	2.17	2.23	-2.57	0.22	0.40	0.52
32. Carpet	11.17	-1.25	-6.26	0.50	0.35	0.70
33. Clothing	0.90	-0.54	-4.94	-0.01	-0.01	0.23
34. Sawmill	2.38	-0.18	0.71	0.56	0.28	0.17
35. Veneer	1.97	-3.22	-0.52	0.56	0.27	0.25
36. Sash	3.58	3.67	-1.85	0.53	0.11	0.14
37. Wooden Box	0.73	-1.26	-2.41	0.56	0.42	0.30
38. Oth. Wood	2.61	1.98	0.38	0.34	0.49	0.08
39. House. Furn.	3.33	0.54	-4.75	0.24	0.25	0.10
40. Office Furn.	2.59	4.77	-0.51	0.25	-0.09	0.28
41. Oth. Furn.	2.97	2.32	-1.42	0.24	0.35	0.54
42. Pulp	1.41	-0.22	-1.58	0.24	0.23	0.19
43. Roofing	-2.41	1.62	-6.70	0.76	0.25	1.02
44. Paper Box	2.38	-0.70	0.03	0.50	0.39	0.45
45. Oth. Paper	4.20	0.00	-1.22	0.39	0.38	0.40
46. Printing	1.77	2.20	-0.65	0.23	0.04	0.33
47. Platemaking	2.62	3.28	-2.52	-0.37	-0.11	0.43
48. Primary Steel	3.59	-0.56	-4.79	0.21	0.28	0.24
49. Steel Pipe	3.97	0.80	-0.17	0.16	0.34	0.32
50. Iron	2.96	-2.17	-0.94	0.38	0.21	0.31

Table 3.A5 (cont'd)

	Hours Worked Growth			Labour Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
51. Non-ferrous	0.36	-0.51	-2.16	0.42	0.17	0.14
52. Aluminium	2.02	-0.52	0.77	0.57	0.34	0.28
53. Copper	1.36	-2.11	-5.00	0.43	0.23	0.32
54. Oth. Roll	5.07	2.19	-1.98	0.25	0.21	0.30
55. Power Boiler	3.24	-0.47	-0.55	0.38	0.21	0.36
56. Ornamental	2.69	2.30	-5.90	0.23	0.07	0.46
57. Stamped	3.18	1.17	-1.78	0.29	0.27	0.36
58. Wire	3.57	-1.43	-1.76	0.27	0.22	0.56
59. Hardware	6.07	1.34	0.69	0.31	0.16	0.51
60. Heating	-0.82	2.07	-2.11	0.21	0.61	0.68
61. Machine Shop	2.52	4.81	1.49	0.35	0.20	0.24
62. Oth. Metal	3.66	-1.74	0.08	0.30	0.34	0.46
63. Agr. Implement	2.73	-2.14	0.61	0.36	0.15	-0.15
64. Refrig.	6.79	0.19	-2.45	0.53	0.44	0.31
65. Oth. MandE	5.06	2.49	-0.44	0.30	0.17	0.33
66. Aircraft	-0.82	3.89	-1.24	0.63	0.18	0.22
67. Motor Veh.	5.78	0.54	0.55	0.46	0.10	0.09
68. Truck	13.61	-0.73	-0.94	0.02	0.17	0.23
69. Motor Parts	9.70	2.53	1.90	0.12	0.12	0.47
70. Railroad	5.12	0.40	0.71	0.36	0.27	0.07
71. Shipbuilding	0.79	-2.01	-6.77	0.62	0.24	0.20
72. Misc. Trans.	10.59	-0.82	-1.94	0.49	0.51	-0.18
73. Small Elec.	4.77	-3.07	-11.44	0.12	0.16	0.48
74. Major Appl.	1.21	-2.01	-5.54	0.27	0.17	0.36
75. Oth. Elec.	3.40	-0.46	-5.49	0.08	0.21	0.53
76. Record Player	1.86	-7.95	-15.37	-0.04	0.36	0.37

Table 3.A5 (cont'd)

	Hours Worked Growth			Labour Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
77. Comm. Equip.	4.00	2.19	-0.71	0.17	0.32	0.66
78. Office Machine	2.52	3.34	-1.17	0.34	0.42	0.53
79. Wire and Cable	2.60	-1.16	-3.15	0.39	0.35	0.27
80. Clay	-0.41	-3.10	-4.92	0.14	0.25	-0.26
81. Hydraulic	2.40	-2.54	-2.50	0.40	0.43	-0.08
82. Concrete	1.74	-0.17	-3.46	0.49	0.23	0.38
83. Ready-mix	5.67	1.29	-2.00	0.46	0.18	0.07
84. Glass	2.37	0.20	-4.71	0.32	0.20	0.19
85. Misc. Non-met.	1.80	-0.18	-3.04	0.38	0.29	0.26
86. Ref. Pet and Coal	1.50	-0.74	-2.39	0.31	0.16	0.67
87. Oth. Ind. Chem.	1.28	-0.17	-3.35	0.27	0.37	0.66
88. Oth. Chemical	1.84	0.87	0.22	0.26	0.38	0.66
89. Plastic and Syn.	1.64	2.29	2.22	0.39	0.51	0.49
90. Pharma.	3.36	1.59	1.06	0.30	0.19	0.48
91. Paint	1.16	-0.26	-0.26	0.30	0.18	0.39
92. Soap	1.03	2.31	-2.37	0.33	0.20	0.36
93. Toilet	4.63	3.28	-4.24	1.37	0.35	0.57
94. Tile	1.85	1.49	-1.69	0.28	0.21	0.67
95. Jewellery	3.22	-0.63	-1.53	0.14	0.01	-0.08
96. Sporting	4.36	-0.23	2.44	0.23	0.25	0.31
97. Sign	2.43	4.03	-1.61	0.27	0.09	-0.01
98. Construction	2.21	1.40	-1.31	0.44	0.41	0.19
99. Air Trans.	6.01	2.81	0.95	0.59	0.18	0.52
100. Rail Trans.	-1.93	-3.47	-2.44	0.40	0.17	0.08
101. Water Trans.	-1.18	-0.97	-3.71	0.42	0.18	-0.08
102. Truck Trans.	2.05	3.21	3.97	0.34	0.16	0.03

Table 3.A5 (cont'd)

	Hours Worked Growth			Labour Quality Growth		
	1961-73	1973-88	1988-95	1961-73	1973-88	1988-95
103. Urban Trans.	2.84	1.99	2.38	0.40	0.28	0.27
104. Pipeline	3.28	4.76	3.55	0.56	0.24	0.22
105. Storage	0.28	0.90	1.41	0.17	0.09	0.01
106. Broadcasting	4.02	4.82	-0.49	0.58	0.11	0.20
107. Tel. Carrier	2.85	1.50	-0.19	0.54	0.37	0.15
108. Courier	2.48	4.41	2.61	0.43	0.20	0.04
109. Electric Power	2.85	3.01	1.24	0.59	0.38	0.33
110. Gas Dist.	0.72	2.64	3.46	0.34	0.27	0.14
111. Water Sys.	5.40	5.52	3.90	0.49	0.15	0.04
112. Wholesale	4.64	1.81	1.55	0.33	0.14	0.42
113. Retail	2.34	2.56	0.30	0.30	0.10	0.06
114. Finance	5.97	4.18	-0.23	0.14	0.11	0.43
115. Insurance	0.89	0.42	1.96	-0.29	0.10	0.32
116. Professional	8.16	6.28	3.69	-0.58	0.53	0.60
117. Education	4.56	2.00	3.39	1.12	0.84	0.32
118. Oth. Health	8.02	6.17	3.87	-0.49	-1.21	-0.57
119. Accomod.	3.57	4.59	-1.02	0.56	0.14	0.16
120. Motion Pic.	4.57	5.14	2.64	0.57	0.08	0.15
121. Laundries	-0.89	0.37	0.99	1.08	-0.14	0.45
122. Membership	5.64	3.95	3.44	0.08	0.05	0.20
Average	2.65	0.79	-1.24	0.35	0.27	0.28

A Comparison of Industrial Productivity Growth in Canada and the United States

4

Wulong Gu and Mun S. Ho

4.1 Introduction

THE PURPOSE OF THIS STUDY is to provide a consistent international comparison of the patterns of growth in Canadian and U.S. industries. While much comparative work has been done with respect to sectoral (total factor) productivity[1] in the two countries, it has often been based on concepts that are not entirely comparable. Our approach here is to use methods and definitions that are almost identical for the two countries and, therefore, to provide a better sense of their relative productivity performance.

We find that during the 1961-73 period, Canadian industries were able to bring their productivity levels closer to U.S. levels and also had a higher rate of output growth. After 1973, however, output and productivity growth in the aggregate business sector slowed down in both countries. The productivity growth of the business sector was almost identical in the two countries during the 1973-95 period. As a result, the gap in productivity levels between the Canadian and U.S. private business sectors remained virtually unchanged after 1973.

Behind the overall trend in the growth of Canadian and U.S. industries, there is substantial variation across industrial sectors. The primary objective of this study is to characterize the patterns of growth for each of 33 industrial sectors in the two countries. We decompose the growth of industrial output into the contributions of capital, labour, and intermediate inputs, and productivity growth. We find that input growth was the predominant source of output growth for almost all industries in the two countries over the 1961-95 period. Productivity growth contributed, on average, only about 20 percent of industrial output growth in the two countries during this period.

Our methodology for making international comparisons of growth in output, input, and productivity is based on the economic theory of production. We use measures of labour and capital that take into account the changing composition of the labour force and capital stocks (relatively more educated and older workers, and relatively more equipment compared to structures).

We show that the rise in the quality[2] of labour and capital inputs plays a significant role in the economic growth of both countries.

The study is organized as follows. In Section 4.2, we outline the theoretical framework for making international comparisons. In Section 4.3, we present a brief discussion of the data used in the measurement of industrial output and input in the two countries. Our empirical findings about the patterns of growth in Canada and the United States are summarized in Section 4.4. Finally, we present our conclusions in Section 4.5.

4.2 Methodology

OUR METHODOLOGY FOR MODELING PRODUCTION follows that of Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987) and we will merely summarize that approach here. One may view output as being produced with different types of labour, capital, and intermediate inputs. That is, one may write the production function as:

$$(1) \qquad Q_{it}=f(K^i_{1t},K^i_{2t},\ldots,K^i_{pt},L^i_{1t},L^i_{2t},\ldots,L^i_{qt},X^i_{1t},X^i_{2t},\ldots,X^i_{rt},t),$$

where Q_{it} is the quantity of output for sector i in period t; K^i_{jt}, the various types of capital input (structures, high-tech equipment, low-tech equipment, etc.); and L^i_{jt} and M^i_{jt}, the various labour and intermediate inputs. The last argument, t, is an index of the level of technology. Such an approach would allow, for example, skilled and unskilled workers to have different elasticities of substitution with different types of capital equipment. However appealing such an approach may be, it is not practicable for a large number of inputs and we assume that the production function can be simplified to:

$$(2) \qquad Q_{it} = f(K_{it}, L_{it}, M_{it}, t),$$

with

$$(3) \qquad K_{it}=k(K^i_{1t},K^i_{2t},\ldots,K^i_{pt}),\ L_{it}=l(L^i_{1t},L^i_{2t},\ldots,L^i_{qt}),$$

and $M_{it}=m(M^i_{1t},M^i_{2t},\ldots,M^i_{rt})$.

The requirements for such an aggregation process are well known and we refer the reader to Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987).

We assume that technology is characterized by constant returns to scale and define the cost of capital (P^K_{it}) in such a way that the value of output is equal to the value of all inputs from the point of view of the producer. This is unlike approaches that do not impose such an equality and calculate the cost of capital by other methods (for example, Hall, 1988). Denoting the price of output to the producer by P_{it} we have:

$$(4) \qquad P_{it}Q_{it}=P^K_{it}K_{it}+P^L_{it}L_{it}+P^M_{it}M_{it},$$

where P^K_{it}, P^L_{it}, P^M_{it}, are the prices of the respective input aggregates. The term for labour, for example, represents total labour compensation paid by producer i,

$$(5) \qquad P^L_{it}L_{it}=P^{L_1}_{1t}L^i_{1t}+P^{L_2}_{2t}L^i_{2t}+\ldots+P^{L_q}_{qt}L^i_{qt},$$

where P^L_{it} is the price of type j labour.

We describe the aggregation process (3) in detail below. For the time being, we concentrate on the production constraints described by Equations (2) and (4). To construct an index of productivity for each sector i, we assume that the production function (2) may be written in a Hicks-neutral[3] translog form: $\ln Q_{it} = a(t) + f(\ln K_{it}, \ln L_{it}, \ln M_{it})$.

Specifically, the translog index of the rate of growth of productivity is given by:

$$(6) \qquad \ln\frac{A_{it}}{A_{it-1}} = \ln\frac{Q_{it}}{Q_{it-1}} - \bar{v}^K_{it}\ln\frac{K_{it}}{K_{it-1}} - \bar{v}^L_{it}\ln\frac{L_{it}}{L_{it-1}} - \bar{v}^M_{it}\ln\frac{M_{it}}{M_{it-1}},$$

where A_{it} is the index of technology in sector i, and the weights are input value shares:

$$(7) \qquad \bar{v}^K_{it}=\tfrac{1}{2}(v^K_{it}+v^K_{it-1}); \quad v^K_{it}=\frac{P^K_{it}K_{it}}{P_{it}Q_{it}};$$

$$\bar{v}^L_{it}=\tfrac{1}{2}(v^L_{it}+v^L_{it-1}); \quad v^L_{it}=\frac{P^L_{it}L_{it}}{P_{it}Q_{it}}; \text{ and}$$

$$\overline{v}_{it}^{M} = \tfrac{1}{2}(v_{it}^{M} + v_{it-1}^{M}); \quad v_{it}^{M} = \frac{P_{it}^{M} M_{it}}{P_{it} Q_{it}}.$$

The advantages of a chain index like (6) over the fixed-weight indices are well known and we need not elaborate here. We now turn to the construction of the input aggregates.

In constructing the input aggregates for capital, labour, and intermediate inputs, we impose separability assumptions as alluded to in Equations (2) and (3) above. The construction of capital input aggregates is discussed in detail in Appendix E for Canada, and in Appendix B for the United States. The method for labour input is given in Appendix C for the United States, and in Appendix F for Canada, and we will merely summarize the main points here.

The capital input index for each sector is constructed in a way that recognizes the tradeoff between detail and tractability. We have chosen to build up from four components — structures, equipment, land, and inventories. Beginning with investment data, we use the perpetual inventory method to derive the various stocks of capital, A^i_{jt}. The stock of type j created at the end of period t-1 produce a flow of capital services K^i_{jt} in period t. We assume that the quantity of services is proportional to the stocks:

$$(8) \qquad K^i_{jt} = q^K_j A^i_{jt-1}.$$

Note that the proportionality constant, q^K_j, is independent of time, hence the term "constant quality index." These flows of services from the various types of capital inputs are then aggregated, using the rental costs of capital, P^{Ki}_{jt}, derived from sectoral value-added data. We express the total flow of capital input into sector i as a translog function of the components:

$$(9) \qquad \ln\frac{K_{it}}{K_{it-1}} = \sum_j \tfrac{1}{2}(v^{Ki}_{jt} + v^{Ki}_{jt-1}) \ln\frac{K^i_{jt}}{K^i_{jt-1}} = \sum_j \tfrac{1}{2}(v^{Ki}_{jt} + v^{Ki}_{jt-1}) \ln\frac{A^i_{jt}}{A^i_{jt-1}},$$

where the weights are the value shares of total capital input:

$$(10) \quad v_{jt}^{Kj} = \frac{P_{jt}^{Kj} K_{jt}^{i}}{P_{it}^{K} K_{it}}, \ (j = 1,2,...,p),$$

$$\text{and } P_{it}^{K} K_{it} = P_{1t}^{Ki} K_{1t}^{i} + P_{2t}^{Ki} K_{2t}^{i} + ... + P_{pt}^{Ki} K_{pt}^{i}.$$

In our analysis, we separate the growth of capital inputs into the effect of capital accumulation and the effect of substitution among different types of physical assets. The contribution of substitution among components of aggregate capital, which Jorgenson calls the quality index of capital input, is measured as:

$$(11) \quad q_{it}^{K} = \frac{K_{it}}{A_{it-1}},$$

where the total capital stock A_{it} of sector i is defined as the unweighted sum of the individual stocks:

$$(12) \quad A_{it} = \sum_{j} A_{jt}^{i}.$$

The labour input is constructed in a similar manner. While it might be argued that various categories of labour are not perfect substitutes (for example, physicists for engineers), that level of detail is clearly not practical and we have chosen to divide the labour force into sex, age, educational attainment, and employment category, as shown in Tables 4.1 and 4.2. All workers in a particular category are assumed to earn the same wage and to have the same marginal product. As in Equation (8) above (for capital services), we assume that the flow of effective labour services from group j is proportional to the annual number of hours worked by all workers in j, $L_{jt}^{i} = q_{j}^{L} H_{jt}^{i}$, where j runs over all the cells cross-classified by the different categories of workers. For Canada, the total number of cells in each sector is $q = 168$. The total labour input into sector i is then the translog aggregate over j:

$$(13) \quad \ln \frac{L_{it}}{L_{it-1}} = \sum_{j} \tfrac{1}{2}(v_{jt}^{Li} + v_{jt-1}^{Li}) \ln \frac{L_{jt}^{i}}{L_{jt-1}^{i}} = \sum_{j} \tfrac{1}{2}(v_{jt}^{Li} + v_{jt-1}^{Li}) \ln \frac{H_{jt}^{i}}{H_{jt-1}^{i}},$$

where the weights are the value shares:

$$v_{jt}^{L_i} = \frac{P_{jt}^{L_i} L_{jt}^{i}}{\sum_k P_{kt}^{L_i} L_{kt}^{i}}, \quad (j = 1,2,...,q).$$

We also wish to decompose the increase in labour input into changes in hours worked and changes in the composition of workers. The measure for the changes in composition, also called quality of labour by Jorgenson, is given as:

$$(14) \quad q_{it}^{L} = \frac{L_{it}}{\sum_j H_{jt}^{i}}.$$

Finally, the intermediate input aggregate is defined similarly as a translog aggregate over the various commodities:[4]

$$(15) \quad \ln \frac{M_{it}}{M_{it-1}} = \sum_{j=1}^{r} \tfrac{1}{2}(v_{jt}^{M_i} + v_{jt-1}^{M_i}) \ln \frac{M_{jt}^{i}}{M_{jt-1}^{i}}.$$

Table 4.1

Classification of the Canadian Workforce

Worker Characteristics	Number of Categories	Type
Sex	2	Female; Male
Employment Category	3	Paid Employees; Self-employed; Unpaid Family Workers
Age	7	15-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Education	4	0-8 Years Grade School; Some or Completed High School; Some or Completed Post-secondary; University or Above

Table 4.2

Classification of the U.S. Workforce

Worker Characteristics	Number of Categories	Type
Sex	2	Female; Male
Employment Category	2	Paid Employees; Self-employed and Unpaid Family Workers
Age	7	16-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Education	6	0-8 Years Grade School; 1-3 Years High School; 4 Years High School; 1-3 Years College; 4 Years College; 5+ Years College

4.3 Data

THE STARTING POINT FOR IMPLEMENTING the above methodology is the production account of each industry in both countries (for details, see Jorgenson, Kuroda, and Nishimizu, 1987). This includes data on price and quantity indices of output, capital inputs, labour inputs, and intermediate inputs (including energy, materials, and services) for each industry.[5] The value of output in Equation (2) is defined from the point of view of the producer. This includes subsidies but excludes all indirect taxes on output as well as trade and transportation margins incurred in the delivery of output to other sectors.

Similarly, the value of inputs is defined from the producer-purchaser's point of view. The value of labour inputs includes all taxes levied on labour and all costs incurred in the employment of labour, such as insurance and other fringe benefits. The value of capital inputs includes all taxes levied on the ownership and utilization of capital, such as property taxes and corporate income taxes. The value of intermediate inputs includes all taxes, as well as trade and transportation margins associated with taking deliveries of intermediate inputs from other sectors.

4.3.1 Intermediate Input Data

For Canada, the industry production account is estimated from the annual input-output (I-O) tables (see Durand, 1998, on the transformation of annual input-output tables for productivity analysis). Production accounts were estimated for 122 industries in Canada and 35 industries in the United States. Accounts for these industries were then consolidated into a common set of 33 industries making up the private business sector for the purpose of this study.[6]

The industry production account for the United States is an update and modification of that found in Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987). The I-O data for 1977-95 come from the U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) and were linked to the pre-1977 tables described in Jorgenson and Wilcoxen (1990).[7]

4.3.2 Labour Input Data

Price and quantity indices of labour inputs for each industry in both countries are measured on the basis of labour compensation and hours worked,

disaggregated by sex, age, educational attainment, and employment category.[8] To ensure the comparability of labour input measures between Canada and the United States, we employed a similar classification scheme for the workforce in the two countries, as shown in Tables 4.1 and 4.2. We have seven age groups and four to six educational levels.[9] Due to the different methods of estimating compensation, we also divided workers into employees and self-employed or unpaid family workers,[10] giving a total of 168 cells.

For the United States, the data are derived from the decennial Census of the Population, supplemented by the annual Demographic Surveys.[11] The data set consists of the number of workers, their annual weeks worked, their average hours per week, and their wage rates, for each cell. Compensation rates for each cell are calculated so that the totals of each industry match those of the National Income Accounts.

For Canada, the data are derived from the Census of Population, supplemented by the annual Surveys of Consumer Finance and the monthly Labour Force Surveys. The data set includes hours worked and labour compensation for each type of worker, cross-classified by sex, age, educational attainment, employment category, and industry. The estimates of hours worked and labour compensation for each industry are adjusted to official measures of hours worked and compensation produced by Statistics Canada.

4.3.3 Capital Input Data

To implement Equation (9) for capital input, data on property compensation and capital stocks are required. For both Canada and the United States, industry capital stocks are aggregated from four asset types – non-residential structures, machinery and equipment, land, and inventories.[12] For comparability, the two "structures" categories (building and engineering) in the Canadian data were added to form one asset type, while the 56 categories of producer durable equipment in the U.S. data were added to form "machinery and equipment."

The capital stock for the United States is estimated from investment data using geometric depreciation. These U.S. estimates use a 1.65 declining-balance rate for most machinery and equipment, and a 0.9 declining-balance rate for most non-residential structures. The capital stock data published by Statistics Canada are based on a modified double-declining-balance method for both machinery and equipment, and structures. To ensure comparability between

Canadian and U.S. capital stock estimates, we obtained an alternative set of capital stock estimates from the Investment and Capital Stock Division of Statistics Canada (see Appendix G, at the end of the manual). These alternative capital stocks estimates are based on the same declining-balance rates as those used for the United States. These estimates underlie our analysis of patterns of growth in Canadian and U.S. industries. However, for a comparison, we also present the results obtained with capital stocks used in Statistics Canada's productivity estimates shown in Annex B of this chapter.

The cost of capital for each asset is derived from sectoral value-added data using an equation that involves taxes and rates of return. Given the stocks described above, the P_{jt}^{Ki} in Equation (9) is scaled so that the total value of capital inputs for sector i is equal to the sectoral value added of capital in the National Income Accounts for the United States and the KLEMS database for Canada.[13]

4.4 Output Growth and Productivity Growth

BEFORE DISCUSSING THE RESULTS, we should emphasize that we are comparing growth rates here. The comparison of *absolute* productivity differences between the two countries is presented in Chapter 5. Given the finding there that Canada had a lower absolute productivity at the beginning of the sample period, a more rapid growth rate in Canada means a closing of the productivity gap with the United States.

4.4.1 Private Business Sector

To give an overview of the economy, we shall first examine the entire business sector and then consider sectoral estimates in the next section. For this, we use an approach similar to Jorgenson and Stiroh (1999), which expresses total value added as a function of capital, labour, and technology. Table 4.3 decomposes the growth of value added in the private business sector into the contributions of capital quantity and quality, labour quantity and quality, and productivity growth. The output of the private business sector grew faster in Canada than in the United States before 1988. For the most recent period – 1988-95 – output growth was slower in Canada: 1.5 percent versus 2.2 percent per year for the United States. The dominant factors of growth were increases in capital and labour inputs for both countries, with productivity growth contributing less than a third. For the entire period, capital input growth contributed 1.1 percent of the 3.7 percent rate of output growth

in Canada, labour contributed 1.4 percent, and productivity growth 1.2 percent. The 1.1 percent capital input contribution can be decomposed further into 0.9 percent for capital accumulation and 0.2 percent for quality change. Similarly, the 1.4 percent labour input contribution is made up of 1.1 percent for increased hours worked and 0.3 percent for quality change. In the United States, of the 3.1 percent output growth rate, capital, labour, and productivity contributions were 1.0, 1.4, and 0.8 percent, respectively. One can see that quality changes in labour are roughly similar in the two countries, while capital quality growth is higher in the United States.

Productivity growth slowed down after 1973 in both countries, but the decline was more pronounced in Canada. Before 1973, productivity growth in the Canadian business sector was 2.5 percent per year, higher than the 1.6 percent rate recorded in the United States. After 1973, productivity growth was quite similar in the two countries. During 1988-95, productivity grew at about the same rate in both countries: 0.1 percent per year.

Table 4.3
Sources of Output Growth in the Private Business Sector, in Canada and the United States (Average % Growth per Year)

	Canada			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
Value Added	3.71	5.56	3.27	1.48
Contribution of Capital Stock	0.96	1.05	1.05	0.60
Contribution of Capital Quality	0.18	0.24	0.16	0.13
Contribution of Hours Worked	1.07	1.29	1.30	0.22
Contribution of Labour Quality	0.33	0.47	0.19	0.38
Productivity Growth	1.17	2.51	0.57	0.15
	United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
Value Added	3.14	4.41	2.57	2.18
Contribution of Capital Stock	0.62	0.68	0.65	0.44
Contribution of Capital Quality	0.33	0.51	0.28	0.13
Contribution of Hours Worked	1.08	1.08	1.06	1.10
Contribution of Labour Quality	0.36	0.50	0.24	0.39
Productivity Growth	0.75	1.64	0.34	0.12

4.4.2 A Comparison across 33 Industries

We now turn to sectoral performance, measured with the methodology outlined in Section 4.2. Table 4.4 shows average annual growth rates of gross output in Canadian and U.S. industries over the period 1961-95 and in the three sub-periods (1961-73, 1973-88, and 1988-95).[14] The table also shows unweighted averages across the 33 industries. Before 1988, average growth rates of output in Canada were higher than in the United States for almost all industries, in particular mining and vehicles. After 1988, output growth in Canada was slower than in the United States in 21 of the 33 industries.

Tables 4.5 and 4.6 divide sectoral output growth into growth of all inputs and growth in total factor productivity (TFP). In line with the higher output growth, annual input growth rates in Canada were higher than in the United States in 28 of the 33 industries over the 1961-73 period, and in 29 industries over the 1973-88 period. For the period 1988-95, input growth rates were virtually identical in the two countries. A comparison of these two tables shows that the predominant source of output growth in most industries was the growth of capital, labour, and intermediate inputs, with TFP contributing only about a fifth in both countries. For the most recent period (1988-95), the contributions of capital, labour, and intermediate inputs were the predominant sources of output growth in 19 of 33 industries in Canada and in 21 of 33 industries in the United States.

In Table 4.6, we can see that most industries suffered a productivity growth slowdown after 1973, as noted above for the aggregate private business sector of both countries. Before 1973, productivity growth in most Canadian industries exceeded that of their U.S. counterparts, with the exception of food, tobacco, paper, printing, chemicals, petroleum refining, other transportation equipment, the finance, insurance, and real estate group (FIRE), and other services. After 1973, productivity in Canadian industries grew at a rate similar to that of U.S. industries. For the most recent period (1988-95), 13 of the 33 Canadian industries had faster TFP growth than their U.S. counterparts, including notably the FIRE, communications, transportation equipment, chemicals, lumber and wood, and crude petroleum and gas sectors.

Table 4.4

Output Growth in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	3.21	3.25	3.80	1.90	1.60	1.78	0.99	2.57
2. Metal Mining	2.09	4.26	1.33	0.01	0.34	1.68	-2.73	4.62
3. Coal Mining	5.46	5.96	7.79	-0.39	2.75	3.20	3.13	1.14
4. Crude Pet. and Gas	4.67	10.50	0.41	3.78	0.29	2.48	-0.39	-2.02
5. Non-met. Mining	3.19	6.84	2.21	-1.00	1.38	3.49	-0.05	0.80
6. Construction	2.31	4.09	2.76	-1.69	1.18	2.57	0.79	-0.38
7. Food	2.05	3.39	1.63	0.63	2.17	2.63	1.99	1.76
8. Tobacco	0.15	2.18	-1.10	-0.65	0.05	0.85	-0.64	0.16
9. Textile	2.59	6.04	1.60	-1.20	2.27	3.88	1.48	1.22
10. Apparel	1.96	4.82	1.43	-1.80	2.06	4.22	0.55	1.60
11. Lumber and Wood	3.36	4.87	3.13	1.26	2.40	4.64	1.73	-0.01
12. Furniture	3.18	6.88	2.24	-1.17	3.08	5.41	1.76	1.91
13. Paper	2.77	4.68	1.85	1.46	2.76	4.68	1.96	1.21
14. Printing	2.57	3.86	3.83	-2.35	2.46	3.26	3.01	-0.10
15. Chemicals	4.32	6.37	3.98	1.52	3.32	6.54	1.58	1.52
16. Petroleum Refining	2.40	6.18	-0.12	1.32	2.19	3.63	1.93	0.26
17. Rubber and Plastics	5.98	10.10	4.07	3.02	5.05	8.59	2.67	4.10
18. Leather	-1.23	0.88	-0.60	-6.18	-2.13	-0.51	-2.84	-3.36
19. Stone, Clay and Glass	2.02	6.10	1.05	-2.89	1.59	3.80	0.33	0.48
20. Primary Metals	2.67	5.18	1.31	1.28	0.74	4.15	-2.12	1.01
21. Fabricated Metals	2.86	6.80	1.55	-1.08	2.21	4.90	0.31	1.66
22. Non-elec. Machinery	5.81	7.87	3.32	7.64	4.79	6.14	3.19	5.91

Table 4.4 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	4.55	7.26	2.97	3.26	5.10	6.88	3.27	5.97
24. Motor Vehicles	7.68	13.69	4.18	4.87	3.49	6.55	1.18	3.21
25. Other Trans. Equip.	3.18	4.23	2.45	2.94	1.42	2.75	2.48	-3.13
26. Misc. Manufacturing	3.06	5.95	2.05	0.28	3.61	5.34	3.50	0.86
27. Trans. and Warehouse	3.96	6.01	3.35	1.75	3.26	4.60	2.10	3.44
28. Communications	7.25	8.68	7.38	4.52	5.01	6.05	5.02	3.21
29. Electric Utilities	5.32	8.45	4.56	1.56	3.55	5.92	2.73	1.26
30. Gas Utilities	4.60	8.23	3.20	1.39	0.02	4.61	-2.44	-2.60
31. Trade	4.34	5.76	4.14	2.35	3.64	4.76	2.86	3.40
32. Finance, Ins. and Real Estate	4.37	5.21	4.22	3.26	3.44	4.15	3.83	1.39
33. Other Services	4.61	5.43	4.92	2.54	4.43	6.30	3.53	3.16
Average	3.55	6.06	2.75	0.97	2.41	4.24	1.42	1.40

Table 4.5

Input Growth in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	2.14	2.11	2.86	0.63	0.38	1.63	-0.54	0.20
2. Metal Mining	2.64	4.93	1.53	1.10	-0.51	2.96	-3.51	-0.03
3. Coal Mining	3.01	3.14	4.84	-1.12	1.52	3.73	1.96	-3.24
4. Crude Pet. and Gas	6.12	8.02	6.68	1.69	1.27	1.65	2.66	-2.37
5. Non-met. Mining	2.56	5.12	1.82	-0.23	1.02	2.42	-0.20	1.21
6. Construction	2.10	4.16	2.06	-1.37	1.84	3.18	1.29	0.72
7. Food	1.85	2.83	1.72	0.43	1.42	1.96	1.02	1.38
8. Tobacco	-0.37	1.50	-1.73	-0.66	0.01	-0.57	0.41	0.17
9. Textile	1.39	4.48	0.42	-1.83	0.76	3.35	-0.92	-0.08
10. Apparel	1.07	3.89	0.52	-2.59	0.97	3.42	-0.88	0.75
11. Lumber and Wood	2.74	4.09	2.02	1.94	2.48	4.95	0.69	2.09
12. Furniture	2.58	5.14	2.77	-2.22	2.37	4.79	0.84	1.51
13. Paper	2.74	4.49	1.88	1.55	2.47	3.84	1.73	1.72
14. Printing	2.56	3.38	3.33	-0.47	2.54	2.74	3.18	0.79
15. Chemicals	3.32	4.94	3.31	0.58	2.70	4.87	1.66	1.22
16. Petroleum Refining	2.09	5.57	-0.24	1.11	1.30	2.42	0.63	0.80
17. Rubber and Plastics	4.84	7.96	3.58	2.19	3.92	6.98	1.81	3.18
18. Leather	-1.81	0.26	-1.64	-5.73	-2.23	0.11	-3.65	-3.20
19. Stone, Clay and Glass	1.48	4.27	0.97	-2.21	1.08	3.26	-0.15	-0.01
20. Primary Metals	2.23	4.50	1.12	0.71	0.48	3.97	-2.28	0.41
21. Fabricated Metals	2.17	5.60	1.19	-1.59	1.62	4.07	-0.13	1.14
22. Non-elec. Machinery	4.80	6.37	2.94	6.11	3.09	5.36	1.23	3.17

Table 4.5 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	3.30	5.22	2.08	2.64	3.11	5.15	1.49	3.08
24. Motor Vehicles	6.39	11.15	3.47	4.51	3.31	6.01	1.19	3.22
25. Other Trans. Equip.	2.79	3.77	2.63	1.43	0.93	1.96	2.00	-3.14
26. Misc. Manufacturing	2.41	4.59	1.92	-0.30	2.45	3.82	2.23	0.56
27. Trans. and Warehouse	2.76	3.28	2.57	2.29	2.23	2.66	1.56	2.94
28. Communications	3.90	4.27	3.99	3.06	4.37	5.34	4.48	2.50
29. Electric Utilities	4.96	5.87	4.68	4.01	2.61	3.66	3.02	-0.05
30. Gas Utilities	4.11	3.93	4.31	3.99	0.56	3.88	-0.72	-2.38
31. Trade	3.00	3.71	2.79	2.21	3.00	4.01	2.47	2.40
32. Finance, Ins. and Real Estate	5.14	6.23	5.74	2.01	3.72	4.26	3.85	2.51
33. Other Services	5.01	5.26	5.55	3.45	4.93	5.74	4.70	4.02
Average	2.91	4.67	2.48	0.83	1.87	3.56	1.00	0.82

Table 4.6

Productivity Growth in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	1.08	1.14	0.94	1.27	1.22	0.16	1.53	2.37
2. Metal Mining	-0.55	-0.68	-0.19	-1.09	0.85	-1.29	0.77	4.66
3. Coal Mining	2.45	2.83	2.94	0.73	1.23	-0.53	1.17	4.38
4. Crude Pet. and Gas	-1.46	2.48	-6.26	2.09	-0.98	0.83	-3.05	0.35
5. Non-met. Mining	0.63	1.73	0.40	-0.77	0.36	1.07	0.15	-0.41
6. Construction	0.22	-0.07	0.69	-0.32	-0.66	-0.61	-0.50	-1.10
7. Food	0.20	0.56	-0.08	0.20	0.74	0.67	0.97	0.39
8. Tobacco	0.52	0.68	0.63	0.01	0.04	1.42	-1.04	-0.01
9. Textile	1.20	1.56	1.18	0.63	1.51	0.53	2.40	1.29
10. Apparel	0.89	0.92	0.91	0.79	1.08	0.80	1.43	0.84
11. Lumber and Wood	0.62	0.77	1.10	-0.68	-0.08	-0.31	1.04	-2.10
12. Furniture	0.60	1.74	-0.53	1.05	0.71	0.62	0.92	0.40
13. Paper	0.03	0.19	-0.03	-0.09	0.29	0.84	0.23	-0.51
14. Printing	0.01	0.49	0.51	-1.87	-0.08	0.52	-0.17	-0.90
15. Chemicals	0.99	1.43	0.67	0.94	0.62	1.68	-0.08	0.31
16. Petroleum Refining	0.32	0.62	0.12	0.22	0.89	1.22	1.30	-0.54
17. Rubber and Plastics	1.14	2.13	0.49	0.83	1.14	1.60	0.86	0.92
18. Leather	0.59	0.62	1.05	-0.45	0.11	-0.63	0.81	-0.16
19. Stone, Clay and Glass	0.54	1.83	0.08	-0.69	0.50	0.54	0.48	0.49
20. Primary Metals	0.44	0.68	0.19	0.57	0.26	0.18	0.16	0.60
21. Fabricated Metals	0.69	1.20	0.36	0.51	0.59	0.83	0.44	0.52
22. Non-elec. Machinery	1.01	1.50	0.38	1.53	1.70	0.77	1.96	2.75

Table 4.6 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	1.24	2.05	0.89	0.62	1.99	1.73	1.79	2.89
24. Motor Vehicles	1.28	2.54	0.71	0.37	0.18	0.55	-0.01	-0.02
25. Other Trans. Equip.	0.39	0.46	-0.18	1.52	0.49	0.80	0.48	0.01
26. Misc. Manufacturing	0.66	1.36	0.13	0.58	1.16	1.52	1.27	0.30
27. Trans. and Warehouse	1.19	2.73	0.78	-0.54	1.02	1.93	0.54	0.50
28. Communications	3.35	4.41	3.39	1.46	0.64	0.71	0.54	0.71
29. Electric Utilities	0.36	2.58	-0.11	-2.44	0.94	2.26	-0.29	1.31
30. Gas Utilities	0.49	4.30	-1.11	-2.60	-0.54	0.73	-1.72	-0.22
31. Trade	1.35	2.05	1.35	0.14	0.64	0.75	0.39	1.00
32. Finance, Ins. and Real Estate	-0.77	-1.02	-1.51	1.24	-0.28	-0.11	-0.03	-1.11
33. Other Services	-0.40	0.18	-0.63	-0.91	-0.50	0.57	-1.18	-0.86
Average	0.65	1.39	0.28	0.15	0.54	0.68	0.41	0.58

In tables 4.7 to 4.9, we present the growth of capital, labour, and intermediate inputs separately. An interesting feature of economic growth in Canada has been the high growth rates of intermediate inputs for almost all industries during the first two periods, 1961-73 and 1973-88. The growth rates of intermediate inputs were higher in 29 Canadian industries during first two periods and in 15 industries during the most recent period, 1988-95. In both countries, there has been a steady slowdown in the growth of capital, labour, and intermediate inputs in most industries since 1961. For example, the growth of capital input in Canada declined in 28 industries between 1961-73 and 1973-88, and in 24 industries between 1973-88 and 1988-95. In the United States, the growth of capital input declined in 24 industries between 1961-73 and 1973-88, and in 29 industries between 1973-88 and 1988-95. This steady slowdown in capital input growth occurred despite the rapid growth of investments in high-tech assets such as computers (Ho, Jorgenson and Stiroh, 1999).

Recall from Equations (11) and (14) that we divide the growth of factor inputs into quantity and quality growth (composition change). Table 4.10 shows the results for capital quality growth in the two countries. Capital quality increased in almost all industries in both countries during all three periods. The growth rates of capital quality in Canada were higher in 10 industries from 1961 to 1973, and in 13 industries for the subsequent period 1973-88. For the 1988-95 period, 20 of the 33 Canadian industries had higher growth of capital quality, mainly as a result of a faster shift toward machinery and equipment in the composition of capital stocks in Canada. A closer look at the data reveals that the Canadian sectors which experienced substantially higher growth rates of capital quality over the period 1988-95 include lumber and wood, furniture, rubber and plastics, motor vehicles, trade, and other services. In the United States, sectors that experienced higher growth rates include agriculture, forestry and fisheries, electrical machinery, and FIRE.

Table 4.11 shows annual average growth rates of labour quality in Canadian and U.S. industries. For the entire period, labour quality increased in all industries in both countries. The growth rates of labour quality in Canada were lower in 19 industries over the 1961-73 period, and in 22 industries over the 1973-88 period. For the most recent period (1988-95), the growth of labour quality was slower in Canada in almost all industries except crude petroleum and gas, petroleum refining, transportation and warehouse, and other services. The sectors with the largest gaps in the growth of labour quality were FIRE, communications, leather, lumber and wood, apparel, and coal mining, although the differences here are modest compared to the differences in capital quality growth.

Table 4.7

Growth of Capital Input in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	1.45	4.51	1.12	-3.07	1.73	1.92	1.14	2.66
2. Metal Mining	2.95	5.35	2.36	0.08	3.00	7.37	1.74	-1.82
3. Coal Mining	5.33	10.90	5.00	-3.53	4.13	4.15	6.65	-1.32
4. Crude Pet. and Gas	5.77	7.75	6.29	1.25	2.23	2.69	4.75	-3.94
5. Non-met. Mining	2.85	5.54	2.43	-0.86	3.07	4.95	2.14	1.85
6. Construction	1.55	1.48	1.44	1.93	1.31	3.34	1.56	-2.73
7. Food	2.30	4.07	1.57	0.81	3.12	4.20	3.46	0.54
8. Tobacco	0.17	2.28	-0.74	-1.50	2.49	0.03	5.17	0.94
9. Textile	1.05	4.20	-0.78	-0.42	2.94	3.29	3.38	1.41
10. Apparel	2.08	3.93	0.79	1.70	4.81	8.21	3.07	2.69
11. Lumber and Wood	2.35	4.82	1.33	0.29	2.30	2.86	2.96	-0.08
12. Furniture	1.70	4.03	1.65	-2.19	5.01	7.63	4.53	1.53
13. Paper	3.69	5.93	1.90	3.70	4.34	4.24	4.99	3.11
14. Printing	2.59	3.39	2.26	1.93	4.56	4.57	5.29	2.99
15. Chemicals	3.81	5.34	4.31	0.12	4.40	6.69	4.28	0.74
16. Petroleum Refining	2.98	3.92	3.41	0.47	2.50	3.29	1.42	3.46
17. Rubber and Plastics	3.87	6.15	2.45	3.02	5.27	6.36	5.48	2.96
18. Leather	0.45	2.45	-0.51	-0.90	0.36	1.09	0.89	-2.00
19. Stone, Clay and Glass	1.40	3.63	0.87	-1.26	2.19	2.87	3.65	-2.07
20. Primary Metals	2.89	4.58	2.10	1.70	1.89	2.75	2.44	-0.76
21. Fabricated Metals	0.92	4.38	0.72	-4.56	3.18	5.17	3.27	-0.39
22. Non-elec. Machinery	2.49	3.87	1.29	2.68	4.75	5.69	5.40	1.74

Table 4.7 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	3.11	4.47	2.08	2.99	6.39	9.99	5.51	2.12
24. Motor Vehicles	4.75	5.00	5.48	2.75	3.04	5.21	2.35	0.78
25. Other Trans. Equip.	2.42	1.85	2.93	2.32	4.60	6.06	5.20	0.83
26. Misc. Manufacturing	3.44	6.21	1.99	1.80	4.91	5.43	5.33	3.13
27. Trans. and Warehouse	1.99	1.86	2.22	1.73	0.71	1.00	0.80	0.02
28. Communications	3.91	4.11	3.56	4.34	4.88	7.51	3.91	2.46
29. Electric Utilities	5.26	6.24	5.39	3.32	1.84	1.71	3.80	-2.16
30. Gas Utilities	4.79	5.16	4.96	3.79	3.55	3.77	3.16	4.01
31. Trade	2.34	2.23	2.18	2.87	4.62	5.95	4.22	3.19
32. Finance, Ins. and Real Estate	5.81	6.41	6.82	2.59	3.61	4.66	3.46	2.16
33. Other Services	6.62	6.06	7.43	5.86	5.10	7.22	3.78	4.27
Average	3.00	4.61	2.61	1.08	3.42	4.60	3.61	0.98

Table 4.8

Growth of Labour Input in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	-0.98	-2.95	0.38	-0.51	-1.09	-2.08	-1.03	0.48
2. Metal Mining	0.78	1.23	0.76	0.07	-0.72	0.94	-2.80	0.91
3. Coal Mining	0.16	-2.57	2.94	-1.09	-0.16	2.04	-0.54	-3.13
4. Crude Pet. and Gas	5.99	8.96	7.01	-1.29	0.67	-1.08	3.54	-2.50
5. Non-met. Mining	1.11	2.21	0.03	1.55	0.47	0.54	0.14	1.05
6. Construction	1.50	2.65	1.81	-1.12	2.36	2.90	2.08	2.04
7. Food	0.24	0.81	0.19	-0.62	0.06	0.08	-0.55	1.37
8. Tobacco	-2.09	-0.63	-3.37	-1.82	-1.21	0.22	-1.66	-2.69
9. Textile	-0.45	1.43	-0.86	-2.82	-0.74	1.21	-2.43	-0.48
10. Apparel	-0.89	1.00	-0.69	-4.56	0.01	1.92	-1.20	-0.67
11. Lumber and Wood	0.62	1.51	0.19	0.01	1.26	2.44	0.14	1.65
12. Furniture	1.51	3.33	1.90	-2.46	1.42	3.30	0.33	0.52
13. Paper	0.58	2.11	0.03	-0.88	0.95	1.77	0.18	1.19
14. Printing	1.64	2.04	2.33	-0.54	2.18	0.70	3.98	0.88
15. Chemicals	1.29	2.22	1.25	-0.22	1.22	1.63	1.03	0.91
16. Petroleum Refining	0.03	1.80	-0.58	-1.72	-0.69	-0.38	-0.86	-0.87
17. Rubber and Plastics	3.44	5.65	2.83	0.96	2.84	5.55	0.71	2.76
18. Leather	-3.04	-1.79	-2.55	-6.21	-3.03	-0.35	-5.32	-2.69
19. Stone, Clay and Glass	0.27	2.60	-0.02	-3.11	0.36	2.05	-0.95	0.30
20. Primary Metals	0.27	2.72	-0.30	-2.69	-0.70	1.97	-3.02	-0.32
21. Fabricated Metals	1.38	3.92	0.43	-0.94	0.81	2.50	-0.75	1.25
22. Non-elec. Machinery	2.58	4.13	2.51	0.09	1.44	3.32	0.26	0.77

Table 4.8 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	0.78	3.37	0.24	-2.53	1.35	2.76	0.92	-0.15
24. Motor Vehicles	4.03	8.56	1.53	1.60	1.72	3.57	-0.32	2.90
25. Other Trans. Equip.	1.09	1.80	1.78	-1.61	0.05	0.42	1.88	-4.49
26. Misc. Manufacturing	1.46	2.67	1.42	-0.53	1.42	2.61	1.60	-1.00
27. Trans. and Warehouse	1.95	1.50	1.98	2.65	1.48	1.20	0.82	3.37
28. Communications	2.30	3.54	2.43	-0.12	1.98	3.19	0.93	2.15
29. Electric Utilities	3.03	3.44	3.39	1.57	1.27	1.91	1.46	-0.22
30. Gas Utilities	2.40	1.07	2.91	3.60	0.07	0.67	-0.46	0.16
31. Trade	2.48	3.43	2.40	1.00	2.00	2.07	1.92	2.04
32. Finance, Ins. and Real Estate	3.42	4.76	3.74	0.44	3.11	3.63	3.18	2.07
33. Other Services	4.45	4.77	5.00	2.72	4.30	3.91	4.67	4.20
Average	1.31	2.46	1.31	-0.64	0.80	1.73	0.24	0.42

Table 4.9
Growth of Intermediate Inputs in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	4.08	4.60	4.64	1.97	0.73	3.30	-0.68	-0.66
2. Metal Mining	3.93	7.64	2.01	1.70	-3.03	2.06	-9.35	1.80
3. Coal Mining	6.00	7.15	7.56	0.68	1.93	5.09	2.39	-4.48
4. Crude Pet. and Gas	7.89	8.85	9.03	3.83	0.05	1.63	-1.46	0.58
5. Non-met. Mining	3.10	6.83	2.00	-0.93	0.44	2.22	-1.19	0.86
6. Construction	2.47	5.17	2.35	-1.90	1.46	3.34	0.64	-0.04
7. Food	2.14	3.13	2.07	0.60	1.55	2.16	1.08	1.53
8. Tobacco	-0.04	1.76	-1.56	0.12	-0.60	-0.82	-1.00	0.64
9. Textile	2.25	5.86	1.19	-1.66	1.05	3.89	-0.71	-0.06
10. Apparel	1.94	5.42	1.15	-2.34	1.14	3.76	-1.04	1.34
11. Lumber and Wood	4.04	5.68	3.12	3.21	3.05	6.25	0.69	2.59
12. Furniture	3.43	6.43	3.50	-1.88	2.68	5.29	0.82	2.20
13. Paper	3.32	5.25	2.55	1.69	2.75	4.63	1.78	1.62
14. Printing	3.36	4.66	4.49	-1.29	2.28	3.81	2.11	0.01
15. Chemicals	3.94	5.86	3.79	0.96	2.82	5.57	1.16	1.66
16. Petroleum Refining	2.26	6.03	-0.25	1.19	1.47	2.74	0.85	0.64
17. Rubber and Plastics	5.75	9.50	4.13	2.78	4.35	7.85	1.96	3.46
18. Leather	-1.39	1.31	-1.30	-6.19	-2.10	0.26	-3.22	-3.74
19. Stone, Clay and Glass	2.19	5.46	1.59	-2.11	1.41	4.26	-0.29	0.15
20. Primary Metals	2.81	5.07	1.58	1.57	0.79	4.73	-2.38	0.84
21. Fabricated Metals	2.86	6.78	1.66	-1.27	1.89	4.82	-0.27	1.46
22. Non-elec. Machinery	6.52	8.47	3.60	9.42	3.87	6.57	1.15	5.08

Table 4.9 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	4.63	6.51	3.08	4.73	3.66	5.70	1.26	5.32
24. Motor Vehicles	7.27	12.71	3.90	5.14	3.85	6.88	1.54	3.60
25. Other Trans. Equip.	3.96	5.42	3.15	3.20	1.26	2.68	1.86	-2.45
26. Misc. Manufacturing	2.79	5.52	2.19	-0.60	2.86	4.41	2.27	1.46
27. Trans. and Warehouse	4.07	6.16	3.29	2.18	3.54	4.99	2.49	3.32
28. Communications	6.51	6.17	7.63	4.68	6.18	5.25	8.53	2.73
29. Electric Utilities	6.32	7.86	3.95	8.80	4.40	7.02	3.30	2.28
30. Gas Utilities	3.65	3.10	3.14	5.67	-0.56	4.50	-1.87	-6.43
31. Trade	4.23	4.88	3.84	3.97	3.85	6.23	2.53	2.58
32. Finance, Ins. and Real Estate	5.86	7.13	6.31	2.71	4.27	4.31	4.77	3.15
33. Other Services	5.39	5.81	5.71	3.98	5.59	7.13	5.23	3.72
Average	3.86	6.01	3.18	1.65	2.09	4.32	0.76	1.11

Table 4.10

Growth of Capital Quality in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	1.04	3.87	0.50	-2.64	0.75	1.56	0.40	0.13
2. Metal Mining	-0.56	-0.98	-0.37	-0.25	0.07	0.24	0.09	-0.27
3. Coal Mining	-0.37	-0.66	-0.06	-0.53	-0.18	0.38	-0.52	-0.41
4. Crude Pet. and Gas	-0.09	-0.09	-0.02	-0.25	0.14	0.31	0.15	-0.17
5. Non-met. Mining	-0.32	-0.31	-0.26	-0.46	-0.02	0.22	-0.21	-0.02
6. Construction	0.90	1.48	0.51	0.75	-0.03	0.22	-0.13	-0.23
7. Food	0.34	0.57	0.17	0.31	0.50	0.88	0.40	0.04
8. Tobacco	0.30	0.48	0.24	0.14	0.04	0.15	-0.03	0.00
9. Textile	0.04	0.49	-0.32	0.06	0.61	1.58	0.19	-0.13
10. Apparel	0.11	0.77	-0.36	-0.02	0.33	0.95	0.02	-0.07
11. Lumber and Wood	0.57	0.98	0.02	1.05	0.22	0.44	0.18	-0.05
12. Furniture	0.44	0.31	-0.28	2.20	0.60	1.38	0.26	0.01
13. Paper	0.15	0.44	-0.12	0.22	0.51	0.81	0.48	0.08
14. Printing	0.10	0.11	0.23	-0.17	0.27	0.36	0.31	0.04
15. Chemicals	0.48	0.89	0.39	0.01	0.48	0.93	0.31	0.07
16. Petroleum Refining	3.92	6.16	3.64	0.69	0.97	1.25	0.79	0.88
17. Rubber and Plastics	0.77	0.64	0.65	1.26	0.21	0.35	0.12	0.17
18. Leather	0.00	1.07	-0.65	-0.42	0.40	0.95	0.14	0.03
19. Stone, Clay and Glass	0.40	0.50	0.34	0.36	0.61	1.16	0.57	-0.23
20. Primary Metals	0.67	0.85	0.51	0.71	0.67	1.38	0.50	-0.16

Table 4.10 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
21. Fabricated Metals	0.34	0.98	-0.20	0.42	0.41	0.80	0.29	-0.03
22. Non-elec. Machinery	0.37	0.51	0.23	0.40	0.49	0.59	0.73	-0.23
23. Electrical Machinery	0.06	0.55	0.17	-1.00	0.94	1.77	0.67	0.10
24. Motor Vehicles	1.57	1.01	1.84	1.94	0.66	1.18	0.85	-0.62
25. Other Trans. Equip.	-0.30	-0.52	-0.30	0.06	0.44	0.56	0.57	-0.02
26. Misc. Manufacturing	0.22	0.26	0.09	0.43	0.34	0.36	0.26	0.47
27. Trans. and Warehouse	0.23	-0.07	0.23	0.76	0.84	1.18	0.70	0.52
28. Communications	0.09	-0.02	0.16	0.10	0.51	1.15	0.23	0.01
29. Electric Utilities	0.43	0.58	0.50	0.05	0.42	0.59	0.41	0.17
30. Gas Utilities	0.42	0.34	0.52	0.32	0.28	-0.03	0.43	0.49
31. Trade	0.68	1.10	-0.05	1.51	1.07	1.83	0.83	0.26
32. Finance, Ins. and Real Estate	1.70	1.26	2.78	0.15	1.15	1.36	1.24	0.61
33. Other Services	2.91	2.84	3.68	1.35	0.85	1.79	0.49	0.00
Average	0.53	0.80	0.44	0.29	0.47	0.87	0.36	0.04

Table 4.11

Growth of Labour Quality in Canada and the United States (%)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
1. Agric., For. and Fisheries	0.50	0.41	0.61	0.41	0.93	1.22	0.67	1.02
2. Metal Mining	0.19	0.31	0.19	0.01	0.53	0.60	0.65	0.18
3. Coal Mining	0.39	0.79	0.34	-0.18	0.43	0.60	-0.05	1.16
4. Crude Pet. and Gas	0.25	0.06	0.28	0.52	0.36	-0.12	0.89	0.05
5. Non-met. Mining	0.37	0.55	0.26	0.30	0.46	0.77	0.03	0.85
6. Construction	0.37	0.44	0.41	0.19	0.33	0.18	0.25	0.74
7. Food	0.25	0.25	0.18	0.37	0.40	0.30	0.30	0.80
8. Tobacco	0.71	0.80	0.60	0.78	0.81	0.90	0.61	1.10
9. Textile	0.42	0.33	0.52	0.36	0.36	0.30	0.19	0.82
10. Apparel	0.06	0.01	0.00	0.26	0.52	0.47	0.23	1.22
11. Lumber and Wood	0.29	0.50	0.20	0.12	0.56	0.72	0.22	0.99
12. Furniture	0.20	0.20	0.16	0.30	0.38	0.73	-0.09	0.76
13. Paper	0.29	0.24	0.28	0.42	0.51	0.39	0.47	0.77
14. Printing	0.13	0.18	0.00	0.35	0.49	0.03	0.75	0.73
15. Chemicals	0.29	0.25	0.17	0.60	0.51	0.16	0.60	0.94
16. Petroleum Refining	0.32	0.31	0.16	0.67	0.23	0.39	0.02	0.42
17. Rubber and Plastics	0.17	0.02	0.23	0.30	0.27	0.33	-0.05	0.87
18. Leather	0.09	-0.08	0.07	0.42	0.41	0.99	-0.50	1.37
19. Stone, Clay and Glass	0.25	0.35	0.18	0.24	0.38	0.63	0.00	0.76
20. Primary Metals	0.24	0.28	0.21	0.23	0.36	0.34	0.26	0.59
21. Fabricated Metals	0.26	0.29	0.14	0.46	0.30	0.11	0.16	0.94
22. Non-elec. Machinery	0.25	0.34	0.14	0.32	0.44	0.23	0.41	0.87

Table 4.11 (cont'd)

	Canada				United States			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
23. Electrical Machinery	0.30	0.15	0.25	0.66	0.50	0.20	0.50	0.99
24. Motor Vehicles	0.17	0.19	0.06	0.38	0.42	0.31	0.32	0.83
25. Other Trans. Equip.	0.26	0.41	0.18	0.18	0.41	0.36	0.39	0.54
26. Misc. Manufacturing	0.23	0.20	0.14	0.45	0.58	0.50	0.50	0.87
27. Trans. and Warehouse	0.36	0.44	0.25	0.46	0.13	0.35	-0.13	0.32
28. Communications	0.35	0.52	0.31	0.14	0.57	0.21	0.53	1.25
29. Electric Utilities	0.45	0.59	0.38	0.33	0.26	0.07	0.14	0.85
30. Gas Utilities	0.27	0.34	0.27	0.14	0.31	0.25	0.28	0.47
31. Trade	0.24	0.40	0.08	0.32	0.42	0.42	0.27	0.71
32. Finance, Ins. and Real Estate	0.11	-0.05	0.09	0.41	0.45	0.24	0.23	1.30
33. Other Services	0.66	0.87	0.45	0.74	0.49	0.45	0.63	0.28
Average	0.29	0.33	0.24	0.35	0.44	0.41	0.29	0.80

4.5 Conclusion

IN THIS CHAPTER, WE APPLIED A SIMILAR METHODOLOGY to provide a consistent international comparison of the patterns of growth in Canadian and U.S. industries over the period 1961-95 and three sub-periods (1961-73, 1973-88, and 1988-95). The main findings are as follows: (1) Average annual growth rates of output in Canada were higher than in the United States in almost all industries before 1988. After 1988, output growth in Canada was slower than in the United States. (2) There was a substantial catch-up by Canadian industries to the productivity levels of U.S. industries during the period 1961-73. After 1973, productivity in Canadian industries grew at a rate similar to that of their U.S. counterparts. Over 1988-95, productivity in Canada grew at a slower rate than in the United States in 20 of 33 industries. (3) The dominant sources of output growth are the contributions of capital, labour, and intermediate inputs, with productivity growth responsible for about 20 percent of output growth in both countries during the entire period. (4) An interesting feature of Canadian economic growth has been the high growth of intermediate inputs. (5) The rise in capital and labour quality caused by composition changes contributes to the economic growth of both countries, in proportions varying from a seventh to a quarter of output growth.

Notes

1 In this study, we examine "total factor productivity" as opposed to labour productivity. That is, we consider all inputs – capital, labour, and intermediate goods.

2 The definition of the term "quality" is given in Section 4.2 below.

3 For an approach that does not assume Hicks neutrality and that estimates productivity growth econometrically, see Chapter 7 of Jorgenson, Gollop, and Fraumeni (1987).

4 The data on intermediate inputs comes from the input-output tables, and we work at the level corresponding to $r = 33$ for the United States.

5 In this study, we use official data produced by the two governments. There are serious discussions regarding the accuracy of these statistics, in particular for the hard-to-measure service sector. See, for example, Triplett and Bosworth (2000). Our estimates should be read with this caveat in mind.

6 The concordance between the 122 industries of the Canadian business sector and the 33 industries of its U.S. counterpart is presented in Annex A of this chapter.

7 The projections made by the Office of Employment of the BLS provided the time series of the I-O tables, as well as industry output and prices at the three-digit level of the Standard Industrial Classification (SIC, 1987 revision). Some of these data are available at ftp://ftp.bls.gov/pub/. The 185 sectors were aggregated to 35 sectors for the United States. The data in Jorgenson and Wilcoxen (1990) are based on the old SIC classifications and we mapped the two series in 1977. We extrapolated the I-O table to 1996 using industry output data for that year.

8 Details on the measurement of labour input are found in Appendix C for the United States and in Appendix F for Canada.

9 There is a slight difference in the educational attainment categories between Canada and the United States. Because of changes in the definition of educational attainment used for the Labour Force Survey of 1990, educational attainment is aggregated into four categories for Canada to ensure consistency over time. For the United States, there are six education categories. The difference in the number of categories is expected to have little effect on our estimates of labour input and labour quality.

10 Self-employed and unpaid family workers are combined into a single category in the United States. They are treated as two separate categories in Canada.

Labour compensation for self-employed workers in Canada was estimated using the wage rates of paid workers, while labour compensation for unpaid family workers was ignored. Compensation in the U.S. data is estimated as a residual of non-corporate value added less a capital income calculated to equate the rates of return of corporate and non-corporate capital.

11 The Census provides detailed information (age, education, hours worked, industry of employment, wages, etc.) for a 1 percent sample. The U.S. Department of Labor conducts annual surveys with similar detail for a smaller sample. These data are used to estimate the characteristics of the entire labour force on a time series basis.

12 Details on the measurement of capital inputs are provided in Appendix A for the United States and in Appendix E for Canada.

13 For the U.S. data, see "Gross Product by Industry" in *Survey of Current Business*, November 1997.

14 Gross output over time is affected by the degree of change in industrial organisation – that is, a vertical consolidation will reduce total gross output even if there are no physical changes. The comparison of output growth is misleading to the extent that these changes are different in the two countries. However, gross output growth rates are roughly in line with total value added (GDP) reported in Section 4.4.1; hence, this should not be a major concern.

Annex A:
Concordance Between Canadian and U.S. Industries

Table 4A.1

Concordance Between Canadian and U.S. Industries

Canada: 122 Industries	United States: 33 Industries	Abbreviation
1-2	1. Agriculture, Forestry, and Fisheries	1. Agric., For. and Fisheries
4-6, 13	2. Metal Mining	2. Metal Mining
10	3. Coal Mining	3. Coal Mining
11	4. Crude Petroleum and Natural Gas	4. Crude Pet. and Gas
7-9, 12	5. Non-metallic Mining	5. Non-met. Mining
98	6. Construction	6. Construction
14-24	7. Food and Kindred Products	7. Food
25	8. Tobacco Products	8. Tobacco
29-32	9. Textile Mill Products	9. Textile
33	10. Apparel and Other Textiles	10. Apparel
3, 34-38	11. Lumber and Wood	11. Lumber and Wood
39-41	12. Furniture and Fixtures	12. Furniture
42-45	13. Paper and Allied Products	13. Paper
46-47	14. Printing and Publishing	14. Printing
87-93	15. Chemicals	15. Chemicals
86	16. Petroleum and Coal Products	16. Petroleum Refining
26-27	17. Rubber and Plastics	17. Rubber and Plastics
28	18. Leather Products	18. Leather
80-85	19. Stone, Clay, and Glass	19. Stone, Clay and Glass
48-54	20. Primary Metals	20. Primary Metals

Table 4A.1 (cont'd)

Canada: 122 Industries	United States: 33 Industries	Abbreviation
55-59, 62	21. Fabricated Metals	21. Fabricated Metals
60-61, 63-65, 78	22. Non-Electrical Machinery	22. Non-Elec. Machinery
73-77, 79	23. Electrical Machinery	23. Electrical Machinery
67-69	24. Motor Vehicles	24. Motor Vehicles
66,70-72	25. Transportation Equipment and Ordnance	25. Other Trans. Equip.
94-97	26. Miscellaneous Manufacturing	26. Misc. Manufacturing
99-105	27. Other Transportation	27. Trans. and Warehouse
106-107	28. Communications	28. Communications
109	29. Electric Utilities	29. Electric Utilities
110	30. Gas Utilities	30. Gas Utilities
112-113	31. Trade	31. Trade
114-115	32. Finance, Insurance, Real Estate	32. Finance, Ins., Real Estate
111, 116-122	33. Other Services	33. Other Services
108	Not Allocated	

Annex B:
Sources of Output Growth Based on the Capital Stock Data from Statistics Canada's KLEMS Database

STATISTICS CANADA'S ESTIMATES OF PRODUCTIVITY GROWTH are based on capital stock data, using a modified double-declining-balance method. For comparison purposes, Table 4B.1 presents the sources of output growth for the private business sector in Canada, using these capital stock data. Comparing Tables 4.B1 and 4.3, we find that the contributions of capital input were lower than those based on capital stock estimates that are comparable to the BLS estimates. As a result, productivity growth estimates were higher using the capital stock estimates based on a modified double-declining-balance method. There is a gradual increase in the differences between these two productivity growth estimates, from 0.06 percent over 1961-73 to 0.15 percent over 1973-88 and 0.24 percent over 1988-95.

Table 4.B1
Sources of Output Growth in the Private Business Sector (%), Based on Capital Stock Data from Statistics Canada's KLEMS Database

	Canada			
	1961-95	1961-73	1973-88	1988-95
Value Added	3.71	5.56	3.27	1.48
Contribution of Capital Stock	0.68	0.85	0.73	0.27
Contribution of Capital Quality	0.33	0.38	0.33	0.22
Contribution of Hours Worked	1.07	1.29	1.30	0.22
Contribution of Labour Quality	0.33	0.47	0.19	0.38
Productivity Growth	1.30	2.58	0.72	0.39

Productivity Levels and International Competitiveness Between Canada and the United States 5

Frank C. Lee and Jianmin Tang

5.1 Introduction

THE PURPOSE OF THIS PAPER is to compare total factor productivity (TFP) levels and international competitiveness between 33 Canadian and U.S. industries. To carry out such comparisons, we first need to construct purchasing power parities (PPPs) for output and inputs by industry. We use bilateral Canada-U.S. commodity price data to construct PPPs for output and intermediate inputs, and estimate PPPs for capital input based on the relative prices of investment goods, taking into account the flow of capital services per unit of capital stock. We then use hourly labour compensation rates, disaggregated by different worker types in the two countries, to estimate labour input PPPs. These PPPs take into account differences in the composition of the output and inputs of the industry under consideration between Canada and the United States, thereby allowing inter-country comparisons of both prices and quantities of output and inputs.

Following Jorgenson and Nishimizu (1978) for comparison between Japan and the United States, we use a translog production function originally introduced by Christensen, Jorgenson and Lau (1971, 1973) to estimate relative TFP levels in Canada and the United States. This framework was used extensively by Jorgenson and his associates, including Jorgenson, Kuroda and Nishimizu (1987), Jorgenson and Kuroda (1995), and Kuroda and Nomura (1999). Following that tradition, relative TFP levels can be assumed to reflect differences in technology levels since the quality of inputs is already taken into account in this framework.

Based on a common framework using comparable data sets for Canada and the United States,[1] our results show that in 1995, 23 of 33 Canadian industries had lower TFP levels than their U.S. counterparts.[2] Our results also suggest that the relative TFP level is an important element of international competitiveness across industries. In fact, Canadian industries with higher TFP levels than their U.S. counterparts tend to be more competitive in terms of relative output prices. Over time, however, movements in the exchange rate appear to be the most significant factor behind international competitiveness.

From 1988 to 1995, the depreciation of the exchange rate helped 9 industries become more competitive than their U.S. counterparts. In addition, movements in the exchange rate coincided with movements in the relative output prices of the private business sector in the two countries over the 1961-95 period. Focusing on a more recent period, that between 1976 and 1995, Canada's private business sector saw its competitiveness improve relative to that of the U.S. business sector, even as its TFP performance was not improving – although a slight rebound has occurred in that respect since 1993.

The remaining sections of the chapter are organized as follows. In Section 5.2, we construct PPPs for output and inputs, while Sections 5.3 and 5.4 are devoted to a comparison of TFP levels and international competitiveness between Canadian and U.S. industries. In Section 5.5, we discuss the evolution of TFP and competitiveness in the Canadian and U.S. private business sectors. We conclude our study in Section 5.6.

5.2. Purchasing Power Parities for Output and Inputs

IN THIS SECTION, WE DISCUSS the data and methodology used in constructing Canada-U.S. bilateral PPPs for output and inputs in 33 industries. In this context, it is useful to keep in mind that the value of output is defined from the producer's point of view and the value of inputs, from the producer-purchaser's standpoint. This has implications for constructing PPPs, as will be seen later.

First, we group the 1992 Canadian and U.S. input-output tables[3] into 249 common commodity groups and 33 industries.[4] We then match 201 commodity PPPs[5] at purchasers' prices with commodities in the I-O tables. Among the remaining 48 commodities in the I-O tables, we first identify 26 that have close substitutes among the 201 commodities already matched, and then apply to them the PPPs of their close substitutes. In the case of the remaining 22 commodities, we use the 1993 market exchange rate. These commodities are mainly primary goods (such as grain, wheat, copper, steel, and precious metals) that are heavily traded in North American or world markets. The 249 PPPs and the I-O tables are used to develop PPPs for output and inputs other than labour.[6]

5.2.1 Purchasing Power Parities for Output

The output PPP is defined as the ratio of the amount of Canadian dollars received by Canadian producers for output sold in Canada, to the amount of U.S. dollars received by U.S. producers for selling the same amount of output in the United States. Thus output PPPs are at producers' prices, implying that we first need to convert commodity PPPs at purchaser's prices, $EPPP_j$, into commodity PPPs at producers' prices, PPP_j, by "peeling off" tax and distribution margins (the indirect commodity tax margin and the transportation and trade margins), using the I-O tables of both countries.[7]

We then proceed to construct output PPPs for each industry. The output PPP in industry i is obtained by aggregating 249 commodity PPPs in translog form, using nominal shares in the commodity mix as weights for industry i:

$$(1) \qquad \ln(PPP_i^Q) = \sum_{j=1}^{249} 1/2\left[v_{i,j}^Q(Can) + v_{i,j}^Q(US)\right] \cdot \ln(PPP_j),$$

where $v_{i,j}^Q(S)$ is the value share of commodity j in industry i in country S, estimated from the *make* matrices of the I-O tables.

5.2.2 Purchasing Power Parities for Intermediate Inputs

Intermediate inputs include energy, materials, and purchased services. Their PPPs are computed in the same manner as output PPPs, but they are based on commodity PPPs at purchasers' prices, which include tax, transportation, and trade margins. With this in mind, the PPP for intermediate inputs in industry i is defined as the translog aggregate of the 249 commodity PPPs:

$$(2) \qquad \ln(PPP_i^M) = \sum_{j=1}^{249} 1/2\left[v_{i,j}^M(Can) + v_{i,j}^M(US)\right] \cdot \ln(EPPP_j),$$

where $v_{i,j}^M(S)$ is the value share of goods (or services) of type j that are used as intermediate inputs in industry i in country S, estimated from the *use* matrices of the I-O tables. Here, $EPPP_j$, is the PPP at purchasers' prices for commodity j as defined earlier.

5.2.3 Purchasing Power Parities for Capital Input

As in Chapter 4, capital input is broken down here into four asset types – machinery and equipment (M&E), non-residential structures, inventories, and land. However, the price data available only allow us to construct investment PPPs for M&E and structures. Following Jorgenson and Kuroda (1995), and Kuroda and Nomura (1999), we aggregate 249 commodity PPPs to construct investment PPPs for new investment type k (M&E or structures) in industry i from the purchasers' standpoint:

$$(3) \quad \ln(PPP^I_{i,k}) = \sum_{j=1}^{249} 1/2\left[v^I_{i,k,j}(Can) + v^I_{i,k,j}(US)\right] \cdot \ln(EPPP_j),$$

where $v^I_{i,k,j}(S)$ is the value share of investment good j of type k in industry i, estimated from the *investment flow* matrices of the I-O tables.

We then derive a capital input PPP for each type (M&E and structures) in industry i by multiplying the ratio of each type's rental price for Canada relative to the United States by its corresponding investment PPP,

$$(4) \quad PPP^K_{i,k} = \left(\frac{P^K_{i,k}(Can)/P^I_{i,k}(Can)}{P^K_{i,k}(US)/P^I_{i,k}(US)} \right) PPP^I_{i,k},$$

where $P^K_{i,k}(S)$ is the capital input price of asset type k in country S, while $P^I_{i,k}(S)$ is the investment price index for that asset type. For each asset type, the ratio of the capital input price to the investment price index is the rental price of capital input of this asset type. As described in previous chapters, the rental price of capital input is estimated by taking account of the rate of return on capital, economic depreciation rates, and various tax parameters in each country. Thus, in deriving capital input PPPs, we implicitly assume that the relative efficiency of new capital goods in a given industry is the same in both countries. However, the decline in the efficiency of capital input for each component is estimated separately for each country.

We assume that the capital input PPP for land is the same as that for structures. Furthermore, we assume that the capital input PPP for inventories is the same as the weighted average of capital input PPPs for M&E, structures and land. The total capital input PPPs in this paper are then derived by aggregating individual capital input PPPs across p types of capital input (M&E,

structures, land, and inventories), using the average compensation in the two countries for each type of capital input as weights:

$$(5) \quad \ln(PPP_i^K) = \sum_{k=1}^{p} 1/2\left[v_{i,k}^K(Can) + v_{i,k}^K(US)\right] \cdot \ln(PPP_{i,k}^K),$$

where $v_{i,k}^K(S)$ is the capital compensation share of type k capital in industry i in country S.

5.2.4 Purchasing Power Parities for Labour Input

For each of the 33 industries, labour inputs in Canada and the United States are matched by sex, employment status, age, and education, as shown in Table 5.1. We estimate the labour input PPP for industry i by aggregating the ratio of hourly labour compensation rates between the two countries over q types (112) of labour:

$$(6) \quad \ln(PPP_i^L) = \sum_{l=1}^{q} \left\{ 1/2\left[v_{i,l}^L(Can) + v_{i,l}^L(US)\right] \cdot \ln\left[\frac{P_{i,l}^L(Can)}{P_{i,l}^L(US)}\right] \right\},$$

where $P_{i,l}^L(S)$ is the average labour compensation per hour of type l worker in industry i in country S, and $v_{i,l}^L(S)$ is the total labour compensation share for that worker type.

Table 5.1
Classification of the Canadian and U.S. Workforce

Worker Characteristics	Number of Categories	Type
Sex	2	Female; Male
Employment Category	2	Paid Employees; Self-employed[1]
Age	7	16-17;[2] 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Education	4	0-8 Years Grade School; Some or Completed High School; Some or Completed Post-Secondary School; University or Higher

Notes: [1] U.S. self-employed includes unpaid workers.
[2] The age group is 15-17 for Canada.

5.2.5 Summary of Purchasing Power Parities Between Canada and the United States, 1993

PPPs for output and three types of inputs in 1993 are reported in Table 5.2.[8] The output PPPs are generally in line with the exchange rate (1.29 in 1993) for most industries. However, for coal mining, tobacco, and electric utilities, they are on the lower side.

Capital input PPPs are highly variable across industries. These variations stem from the variations in the rental prices of capital input between the two countries since capital investment prices are generally comparable. For instance, the rental price of capital input in the motor vehicles, rubber and plastics, and industrial machinery industries is higher in Canada than in the United States, while the opposite is true in the paper and allied products, petroleum refining, and other services industries. The higher rental price of capital input in other services in the United States is mainly due to a higher rental price in private education and legal services in that country than in Canada. A close examination reveals that the substantial differences in the rental prices of capital input noted between Canada and the United States are attributable to large differences in the capital compensation figures from the two countries' I-O tables relative to their respective capital stocks.

With respect to the PPPs for labour input, we first observe that variations across industries are very small. In addition, labour input PPPs are below unity for 17 industries, which is significantly below the exchange rate.

Finally, intermediate input PPPs are fairly constant across industries and more or less equal to the exchange rate for all industries except tobacco. The Canadian tobacco industry pays a higher price for intermediate inputs than does its U.S. counterpart, mainly because of the difference in the taxation on semi-finished tobacco products between the two countries.

Table 5.2
Purchasing Power Parities by Industry, 1993 (U.S. = 1.00)

Industry	Output	Capital Input	Labour Input	Intermediate Inputs
1. Agric., For. and Fisheries	1.35	1.93	0.62	1.35
2. Metal Mining	1.29	1.70	1.06	1.27
3. Coal Mining	0.88	0.99	0.88	1.29
4. Crude Pet. and Gas	1.45	1.09	1.02	1.26
5. Non-met. Mining	1.35	1.82	1.04	1.29
6. Construction	1.13	2.08	1.13	1.34
7. Food	1.42	2.13	1.11	1.36
8. Tobacco	0.74	2.23	1.05	1.57
9. Textile	1.46	2.36	1.06	1.35
10. Apparel	1.34	2.29	0.96	1.38
11. Lumber and Wood	1.25	1.88	1.21	1.24
12. Furniture	1.36	2.41	0.93	1.35
13. Paper	1.55	0.75	1.16	1.30
14. Printing	1.52	2.45	1.12	1.35
15. Chemicals	1.28	1.19	0.81	1.32
16. Petroleum Refining	1.13	0.47	0.99	1.29
17. Rubber and Plastics	1.58	2.73	1.02	1.31
18. Leather	1.32	0.83	1.06	1.27
19. Stone, Clay and Glass	1.41	2.08	1.01	1.32
20. Primary Metals	1.28	1.10	1.07	1.26
21. Fabricated Metals	1.40	1.85	0.89	1.29
22. Industrial Machinery	1.30	2.55	0.85	1.28
23. Electrical Machinery	1.17	1.70	0.92	1.23
24. Motor Vehicles	1.23	3.59	0.76	1.35
25. Other Trans. Equip.	1.35	2.19	0.97	1.31
26. Misc. Manufacturing	1.29	2.40	0.80	1.30
27. Trans. and Warehousing	1.33	1.60	0.85	1.29
28. Communications	1.18	1.23	0.93	1.23
29. Electric Utilities	0.90	1.15	1.12	1.19
30. Gas Utilities	1.30	1.95	0.86	1.26
31. Trade	1.19	1.60	1.05	1.29
32. Finance, Ins. and Real Estate	1.32	2.05	0.81	1.24
33. Other Services	1.08	0.37	0.98	1.25
Private Business	1.22[1]	1.23	0.96	

Note: [1] For value added from Statistics Canada's Canada-U.S. GDP purchasing power parity.

5.3 Relative Productivity Levels

BASED ON THE PPPS CONSTRUCTED ABOVE, we estimate relative TFP levels between Canada and the United States for 33 industries.[9] As Jorgenson and Nishimizu (1978) for the comparison between Japan and the United States, our theoretical framework for this comparison is based on a translog production function originally introduced by Christensen, Jorgenson, and Lau (1971, 1973). Here, output is a translog function of capital input, labour input, and intermediate inputs, as well as a dummy variable equal to one for Canada and zero for the United States, and time as an index of technology for each industry. However, as did Jorgenson and Kuroda (1995), and Kuroda and Nomura (1999), we find that it is more convenient to work with the dual price function of output to analyse international competitiveness and relative TFP levels. The dual price function is derived from the production function under competitive conditions. The price function for the ith industry can be represented as:

$$(7) \quad \begin{aligned} \ln P_i = {} & \ln P_i^X \alpha_i^X + \alpha_i^t t + \alpha_i^D D + 1/2 \ln P_i^X \beta_i^{XX} \ln P_i^X + \ln P_i^X \beta_i^{Xt} t \\ & + \ln P_i^X \beta_i^{XD} D + 1/2\, \beta_i^{tt} t^2 + \beta_i^{tD} tD + 1/2\, \beta_i^{DD} D^2, \end{aligned}$$

where P_i is the output price of the ith industry; $\ln P_i^X$ denotes $\{\ln P_i^K \ln P_i^L \ln P_i^M\}$, a vector of logarithms of capital input price (P_i^K), the labour input price (P_i^L), and the intermediate input price (P_i^M) of the ith industry; t denotes time as an index of technology; and D is a dummy variable, equal to one for Canada and zero for the United States.

In this presentation, scalars $\{\alpha_i^t, \alpha_i^D, \beta_i^{tt}, \beta_i^{tD}, \beta_i^{DD}\}$, the vectors $\{\alpha_i^X, \beta_i^{Xt}, \beta_i^{XD}\}$, and the matrix $\{\beta_i^{XX}\}$ are constant parameters. However, these parameters differ among industries, reflecting differences among technologies. Within each industry, differences in technology among time periods are represented by time as an index of technology. Differences in technology between Canada and the United States are associated with the dummy variable.

Based on the above price function, Jorgenson and Kuroda (1995), and Kuroda and Nomura (1999) show that differences in the logarithms of the TFP levels between Canada and the United States, $\overline{v}_i^D$ can be expressed as the negative

value of the differences between the logarithms of the output prices, less a weighted average of the differences between the logarithms of input prices,

$$(8) \qquad \bar{v}_i^D = \left\{ \ln\left[\frac{P_i(Can)}{P_i(US)}\right] - \bar{v}_i^K \ln\left[\frac{P_i^K(Can)}{P_i^K(US)}\right] - \bar{v}_i^L \ln\left[\frac{P_i^L(Can)}{P_i^L(US)}\right] - \bar{v}_i^M \ln\left[\frac{P_i^M(Can)}{P_i^M(US)}\right] \right\},$$

where $\bar{v}_i^j = 1/2\left[v_i^j(Can) + v_i^j(US)\right]$, the average compensation share of input j in Canada and the United States for the ith industry. The price ratios in the above equation are the PPPs for output and inputs.

We first calculate 1993 relative TFP levels in Canada and the United States for 33 industries based on the estimated 1993 PPPs using Equation (8). We then use the TFP indices constructed in the previous chapter to estimate relative TFP levels in other years. The estimated relative TFP levels by industry are reported in Table 5.3. In 1995, Canada was less productive than the United States in 23 of the 33 industries. In particular, Canada was much less productive in agriculture, forestry and fisheries; crude petroleum and gas; paper; printing; rubber and plastics; leather; stone, clay, and glass; fabricated metals; industrial machinery; and transportation and warehousing. On the other hand, in 1995 Canada was significantly more productive than the United States in coal mining, construction, tobacco, petroleum refining, electric utilities, and gas utilities.

To examine the trend in relative TFP levels in Canadian and U.S. industries, we estimated the variance of relative TFP levels by industry for the period 1961-95. As shown in Figure 5.1, the variance for all industries declined dramatically in the 1960s. After 1970, however, it remained fairly stable. This implies that TFP performance in Canada and the United States converged across industries during the 1960s. Indeed, in 19 of the 25 industries where Canada lagged behind the United States with respect to TFP levels in 1961, Canada improved its relative TFP performance from 1961 to 1973; the largest improvements were in those industries where TFP gaps were the widest (coal mining and communications). At the same time, Canada lost some of its relative TFP advantage in 2 industries (tobacco and petroleum refining) where that advantage was the largest in 1961. Between 1973 and 1988, the variance remained more or less steady. Over this period, some low-productivity Canadian industries were catching up to their U.S. counterparts, but their relative gains were modest. At the same time, these gains were offset by U.S. industries catching up to highly productive Canadian industries

(metal mining, petroleum refining, and both machinery industries). Over the 1988-95 period, the variance of the relative TFP gap between the two countries decreased. Most of the decline can be attributed to U.S. industries (such as metal mining, coal mining, and electrical machinery) catching up to, and in some instances surpassing, the TFP levels of Canadian industries. Meanwhile, most Canadian industries that were less productive than their U.S. counterparts either were unable to catch up to U.S. TFP levels or only made modest gains.

To give another perspective on this issue, we also examined the number of Canadian industries that were less productive than their U.S. counterparts. That number decreased from 20 in 1961 to 17 in 1973, as shown in Table 5.3. However, it rose to 21 in 1988 and 23 in 1995. Thus the number of Canadian industries that were less productive than their U.S. counterparts has increased since 1973. These numbers provide a snapshot of performance in a given year, but they do not help to assess the improvement or deterioration of Canada's relative TFP performance over time.

Figure 5.1
Variance of the Productivity Gap (in Logs) Among Industries

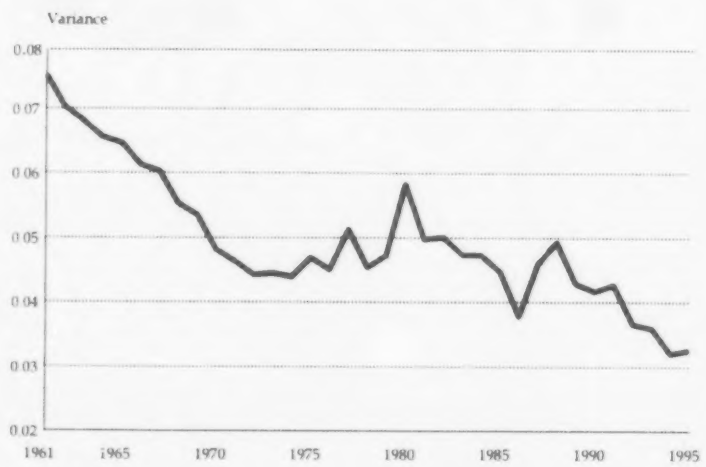


Table 5.3
TFP Levels in Canada Relative to the United States, (U.S. = 1.00)

Industry	1961	1973	1988	1995
1. Agric., For. and Fisheries	0.87	0.98	0.89	0.83
2. Metal Mining	1.44	1.55	1.34	0.90
3. Coal Mining	0.77	1.15	1.50	1.16
4. Crude Pet. and Gas	0.83	1.01	0.62	0.71
5. Non-met. Mining	0.87	0.95	0.98	0.96
6. Construction	0.87	0.93	1.11	1.18
7. Food	1.15	1.13	0.97	0.96
8. Tobacco	1.75	1.60	2.06	2.06
9. Textile	1.09	1.23	1.03	0.98
10. Apparel	1.06	1.08	1.00	0.99
11. Lumber and Wood	0.79	0.90	0.91	1.01
12. Furniture	1.00	1.14	0.92	0.96
13. Paper	0.91	0.84	0.81	0.83
14. Printing	0.86	0.86	0.95	0.88
15. Chemicals	0.82	0.80	0.89	0.93
16. Petroleum Refining	1.39	1.30	1.09	1.15
17. Rubber and Plastics	0.85	0.91	0.86	0.85
18. Leather	0.71	0.82	0.85	0.83
19. Stone, Clay and Glass	0.86	1.01	0.95	0.87
20. Primary Metals	0.90	0.96	0.96	0.96
21. Fabricated Metals	0.81	0.85	0.84	0.84
22. Industrial Machinery	1.11	1.21	0.95	0.88
23. Electrical Machinery	1.26	1.31	1.15	0.98
24. Motor Vehicles	0.73	0.93	1.04	1.07
25. Other Trans. Equip.	1.02	0.98	0.89	0.98
26. Misc. Manufacturing	1.09	1.07	0.90	0.92
27. Trans. and Warehousing	0.82	0.90	0.94	0.87
28. Communications	0.39	0.61	0.94	0.99
29. Electric Utilities	1.51	1.57	1.61	1.24
30. Gas Utilities	0.81	1.24	1.36	1.15
31. Trade	0.80	0.94	1.08	1.02
32. Finance, Ins. and Real Estate	1.29	1.15	0.92	1.09
33. Other Services	0.90	0.86	0.93	0.93

We now turn to that issue. When we examine the performance of relative TFP levels over time, the pervasiveness of the decline in Canada becomes evident. From 1961 to 1973, only 9 Canadian industries experienced a decline in TFP relative to their U.S. counterparts. However, that number rose to 16 between 1973 to 1988 and to 17 between 1988 to 1995. In summary, the deterioration of Canada's TFP levels relative to those of the United States has become more widespread across industries since 1973.

5.4 Competitiveness in Canadian and U.S. Industries

THIS SECTION ASSESSES DIFFERENCES IN COMPETITIVENESS between Canadian and U.S. industries and links these differences to their relative TFP levels. Following Jorgenson and Kuroda (1995), we measure competitiveness by relative output prices, defined as output PPPs divided by the exchange rate ($CDN per $US).

To facilitate our analysis, we decompose relative output prices into relative TFP levels and relative capital, labour, and intermediate input prices. We rearrange Equation (8) and divide each price ratio by the exchange rate:

$$(9) \quad \ln RP_i = -\bar{v}_i^D + \bar{v}_i^K \ln RP_i^K + \bar{v}_i^L \ln RP_i^L + \bar{v}_i^M \ln RP_i^M ,$$

where RP_i is the relative price of output; $\bar{v}_i^D$ is the TFP gap between Canada and the United States for industry i; and RP_i^K, RP_i^L, and RP_i^M are the relative prices of capital, labour, and intermediate inputs, respectively.

The relative prices for output, for capital, labour, and intermediate inputs, and for relative TFP levels in 1995 are reported in Table 5.4. In 1995, more than half of Canadian industries had a lower relative output price than their U.S. counterparts.

With respect to capital input, Canada had higher capital input prices than the United States in 27 industries. In particular, Canadian capital input prices were substantially higher than U.S. prices in metal mining, textiles, apparel, furniture, paper, rubber and plastics, primary metals, motor vehicles, other transportation equipment, and miscellaneous manufacturing in 1995. However, in some Canadian industries — such as coal mining, crude petroleum and natural gas, leather, and other services — capital input prices were lower than

in the corresponding U.S. industries. As discussed earlier, it is helpful to keep in mind that differences in relative capital input prices reflect differences not only in capital investment prices but also in the rental price of capital input.

In contrast with the situation regarding capital input prices, all Canadian industries had an advantage over their U.S. counterparts in terms of labour costs, and the variations in relative labour input prices across industries were very small in 1995. As a result of this difference in labour costs, the industrial structures of the two countries are also different. Canadian industries are generally more labour-intensive, while U.S. industries tend to be more capital-intensive. This is evident when we compare capital intensity (the ratio of capital stock to hours) of the two countries. For instance, in 1993, capital intensity in Canada (capital stock PPP-based) was only 79 percent that of the United States.[10]

Finally, most Canadian industries paid almost the same price for their intermediate inputs as did their U.S. counterparts.

When examining the links between competitiveness, relative TFP levels, and relative input prices, a simple correlation among these variables is a good starting point for discussion. The correlation coefficient between relative output prices and relative TFP levels is -0.69 based on 1995 data, while in the case of capital, labour, and intermediate inputs, the coefficients stand at 0.47, 0.16, and 0.12, respectively. These coefficients indicate that variations in relative output prices across industries are strongly related to inter-industry differences in relative TFP levels.

We summarize the relationship between output prices and TFP levels by plotting relative output prices against relative TFP levels for 1995 across industries in Canada and the United States, as shown in Figure 5.2. To better illustrate the relationship between competitiveness and relative TFP levels, we divide the figure into four quadrants. In quadrants I and II are found those Canadian industries which are less competitive than their U.S. counterparts, while quadrants III and IV show Canadian industries that are more competitive than their U.S. equivalents. At the same time, Canadian industries in quadrants II and III are more productive than their U.S. competitors, while relatively less productive industries in Canada are located in quadrants I and IV.

Table 5.4
Relative Prices* and TFP Levels by Industry, 1995 (U.S. = 1.00)

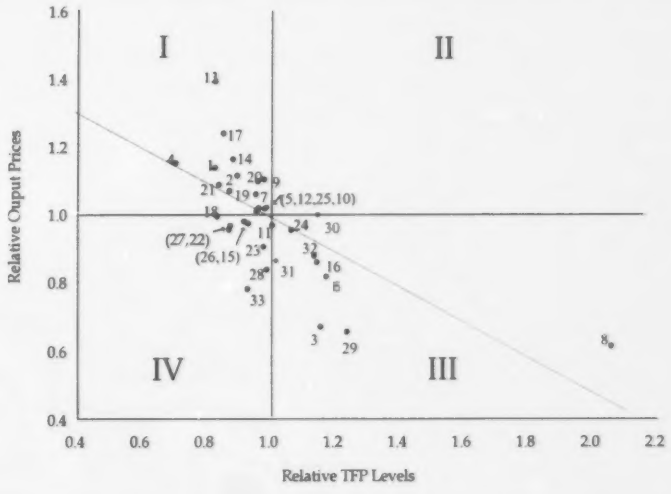
Industry	Output	TFP	Capital Input	Labour Input	Intermediate Inputs
1. Agric., For. and Fisheries	1.13	0.83	1.76	0.56	1.03
2. Metal Mining	1.11	0.90	2.07	0.68	0.91
3. Coal Mining	0.67	1.16	0.70	0.66	0.99
4. Crude Pet. and Gas	1.15	0.71	0.76	0.80	0.91
5. Non-met. Mining	1.00	0.96	1.31	0.69	0.96
6. Construction	0.81	1.18	1.31	0.83	1.00
7. Food	1.05	0.96	1.21	0.78	1.03
8. Tobacco	0.61	2.06	1.74	0.69	1.29
9. Textile	1.10	0.98	3.26	0.77	1.05
10. Apparel	1.01	0.99	2.34	0.72	1.05
11. Lumber and Wood	0.96	1.01	1.20	0.98	0.92
12. Furniture	1.01	0.96	3.17	0.67	1.01
13. Paper	1.39	0.83	2.99	0.84	1.07
14. Printing	1.16	0.88	1.96	0.80	1.05
15. Chemicals	0.97	0.93	1.01	0.59	1.01
16. Petroleum Refining	0.85	1.15	1.21	0.75	0.99
17. Rubber and Plastics	1.23	0.85	2.20	0.79	1.04
18. Leather	0.99	0.83	0.48	0.72	1.01
19. Stone, Clay and Glass	1.06	0.87	1.49	0.71	0.95
20. Primary Metals	1.09	0.96	2.24	0.79	1.05
21. Fabricated Metals	1.08	0.84	1.54	0.66	0.98
22. Industrial Machinery	0.96	0.88	1.12	0.64	0.96

Table 5.4 (cont'd)

Industry	Output	TFP	Capital Input	Labour Input	Intermediate Inputs
23. Electrical Machinery	0.90	0.98	1.35	0.64	0.92
24. Motor Vehicles	0.95	1.07	3.50	0.56	1.02
25. Other Trans. Equip.	1.01	0.98	2.70	0.70	1.02
26. Misc. Manufacturing	0.97	0.92	2.48	0.55	1.00
27. Trans. and Warehouse	0.95	0.87	1.10	0.64	0.93
28. Communications	0.83	0.99	0.91	0.66	0.89
29. Electric Utilities	0.65	1.24	0.75	0.79	0.87
30. Gas Utilities	0.99	1.15	1.56	0.59	0.95
31. Trade	0.86	1.02	1.47	0.76	0.89
32. Finance, Ins. and Real Estate	0.88	1.09	1.51	0.64	0.87
33. Other Services	0.77	0.93	0.32	0.73	0.88

Note: * PPP rates divided by the exchange rate.

Figure 5.2
Relative Output Prices Against Relative TFP Levels, 1995 (U.S. = 1.00)



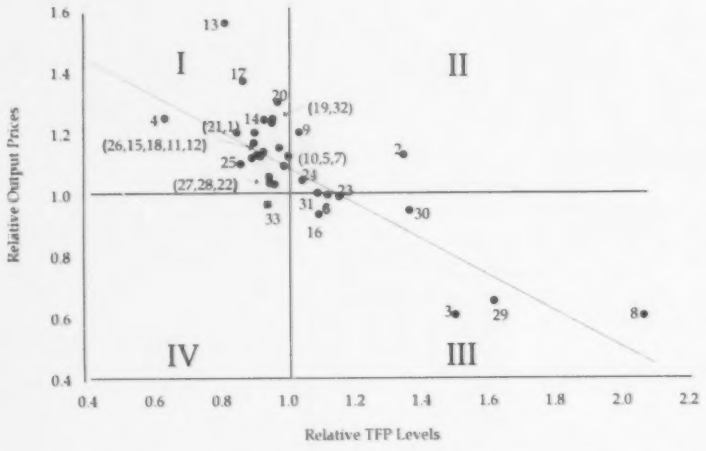
Note: The numbers in this figure refer to those industries listed in Table 5.2.

In 1995, 15 Canadian industries were less competitive and less productive than the corresponding U.S. industries (quadrant I). In 7 industries (food, textiles, apparel, paper, printing, rubber and plastics, and primary metals), lower productivity combined with higher input prices (affecting all three types of inputs) to reduce competitiveness. Low input prices in 6 of the remaining industries were not strong enough to offset the effects of lower productivity and make these industries more competitive. No industry was less competitive but more productive than its U.S. counterpart (quadrant II).

An examination of quadrant III reveals that 10 Canadian industries were more competitive and more productive than the corresponding U.S. industries. Seven of these – coal mining; construction; lumber and wood; petroleum refining; electric utilities; finance, insurance, and real estate (FIRE); and trade – were identified as having relatively lower input prices than their U.S. counterparts. The remaining 3 industries – tobacco, gas utilities, and motor vehicles – had higher input prices than their U.S. competitors, but the difference was not large enough to make them less competitive than the U.S. industries.

Finally, quadrant IV shows the industries where Canada was more competitive but less productive than the United States – chemicals; leather; industrial machinery; electrical machinery; miscellaneous manufacturing; communications; transportation and warehousing; and other services. Canada's competitive position in those cases stemmed from lower input prices rather than higher TFP levels. Thus, it appears that the main factor behind variations in international competitiveness across industries is the gap in relative TFP levels.

Figure 5.3
Relative Output Prices Against Relative TFP Levels, 1988 (U.S. = 1.00)



Note: The numbers in this figure refer to those industries listed in Table 5.2.

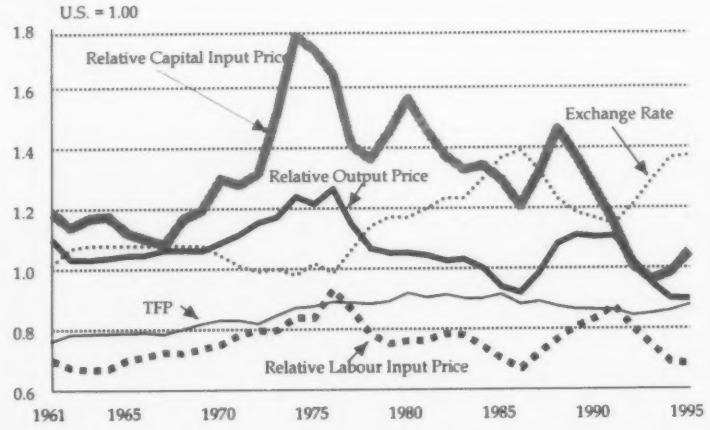
However, movements in international competitiveness over time are strongly influenced by variations in the exchange rate through relative input prices. For the purpose of illustration, we compare international competitiveness between 1988 and 1995. We plot relative output prices against relative TFP levels for 1988, as shown in Figure 5.3, to facilitate the discussion. In 1988, only 8 Canadian industries were more competitive than their U.S. counterparts, compared to 18 industries in 1995. This change is explained by the fact that the Canadian dollar depreciated by more than 10 percent during

the intervening period. If the exchange rate in 1995 had remained at its 1988 level, only 9 Canadian industries would have been more competitive than their U.S. counterparts that year. In addition, several Canadian industries – lumber and wood, chemicals, leather, industrial machinery, motor vehicles, miscellaneous manufacturing, transportation and warehousing, and communications – would have lost ground and become less competitive than their U.S. counterparts by 1995.

5.5 Canada-U.S. Differences in Productivity and International Competitiveness in the Private Business Sector

IN THIS SECTION, we examine the relative performance of the Canadian and U.S. private business sectors with respect to TFP levels and competitiveness over the 1961-95 period.[11] We plot relative TFP levels, relative output and input prices, as well as the exchange rate in Figure 5.4.

Figure 5.4
Relative Productivity and Competitiveness Between Canada and the United States in the Private Business Sector



The results show that Canada's TFP levels were catching up to U.S. levels, rising from 76 percent of the U.S. level in 1961 to almost 92 percent in 1980. However, the gap between the two countries began to widen after 1985 and stood at 12 percent in 1995.

Meanwhile, Canada's relative competitive position worsened between 1963 and 1976. This deterioration would have been much worse without the improvements in relative TFP levels that occurred in the Canadian business sector over this period. Canada's competitive position then improved from 1976 to 1995, not as a result of TFP improvements but of the Canadian dollar depreciation through its impact on relative input prices.

Relative labour prices tend to be in line with relative output prices. Despite the volatility associated with the exchange rate, labour costs were consistently lower in Canada than in the United States over the 35-year period 1961-1995. In addition, the trend was fairly stable over that period. In contrast, relative capital input prices have been much more volatile. Since 1975, relative capital input prices have declined, in line with the depreciation of the Canadian dollar. In general, however, they have remained higher in Canada than in the United States, except in 1993 and 1994.

5.6 Summary and Conclusion

THIS STUDY ILLUSTRATES that it is critical to use PPPs rather than the market exchange rate to assess the relative productivity levels and international competitiveness of two countries. PPPs vary across industries and types of output and inputs. Based on a common framework and using comparable data sets, 23 of 33 Canadian industries had lower TFP levels compared to their U.S. counterparts in 1995. Relative TFP levels are an important element in determining international competitiveness. Our analysis indicates that Canadian industries with high relative productivity compared to their U.S. counterparts tend to be more competitive. Over time, however, movements in the exchange rate appear to be the most significant factor behind international competitiveness. From 1988 to 1995, the falling exchange rate helped 9 Canadian industries become more competitive than their U.S. counterparts.

Our analysis of the private business sector reinforces our findings at the industry level showing that movements in the exchange rate coincide with variations in relative output prices. Over the 1976-95 period, during which

the competitiveness of Canada's private business sector improved relative to that of the U.S. private business sector, Canada's relative TFP performance did not improve, despite a slight rebound after 1993.

This study is a first step towards understanding the differences in productivity and international competitiveness between Canada and the United States. A number of refinements could prove fruitful. First, it would be useful to collect more data comparing prices between Canada and the United States in order to increase the reliability of PPP estimates. A second avenue would be to expand capital asset categories for Canada to match Jorgenson's categories for the United States or those of the U.S. Bureau of Labor Statistics. Future research may also benefit from an assessment of the comparability of the two countries' I-O tables, with a special focus on capital compensation data.

Notes

1 A description of the data is provided in the last chapter.

2 See Chapter 4 for data sources.

3 The I-O tables for both countries include make, use, final demand, and investment flow matrices.

4 The Canadian I-O tables are aggregated from 479 commodities and 170 industries; the U.S. tables are aggregated from 541 commodities and 541 industries.

5 These are 1993 PPPs, aggregated on the basis of data pertaining to more than 2,000 commodities obtained from Statistics Canada. Statistics Canada uses the data to estimate a bilateral GDP PPP between Canada and the United States.

6 Although these 249 commodities cover all commodities in the I-O tables, some of them may not be used as inputs. In that case, they are not entered into the calculation of input PPPs.

7 Hooper and Vrankovich (1995) adjust commodity PPPs for international trade in constructing output PPPs. Our analysis shows that incorporating this methodology does not significantly change the results since it is based on two restrictive assumptions: both export and import prices equal world prices; and world prices equal the average of the prices in the two countries, weighted by their expenditures. Since we are unable to justify these two assumptions, we use output PPPs without international trade adjustments.

8 The output PPP for the private business sector is approximated by the bilateral value-added PPP for the total economy, as calculated by Statistics Canada.

9 An assessment of the implications of quality adjustments to capital and labour inputs for estimating relative TFP levels is found in the Annex of this chapter.

10 Canada's capital intensity is based on an alternative set of capital stock estimates produced by the Investment and Capital Stock Division of Statistics Canada. These alternative capital stock estimates are based on the same declining-balance rates as those used in the United States. Capital intensity for Canada would be much lower if we used capital stock data from Statistics Canada's KLEMS database (see details in Appendix G).

11 The aggregate price function gives the value-added price as a function of capital and labour input prices, so that the intermediate input price is excluded. Similar to Equation (8), the difference in the logarithms of the TFP levels between the Canadian and U.S. private business sectors can be expressed as the negative value of the difference between the logarithm of the value-added price and the weighted average of the difference between the logarithms of capital and labour input prices.

Annex:
Quality of Capital and Labour Inputs and Relative TFP Levels

IN THIS ANNEX, WE FIRST COMPARE relative levels of capital and labour input quality in Canada and the United States and assess their implications for relative TFP levels. Following Dougherty (1992), we estimate relative capital input levels (PPP-adjusted) for Canada and the United States, with each country's asset type (M&E, structures, land, and inventories) weighted by the average compensation share in the two countries:

$$\text{(A-1)}\quad \ln\left[K_i(Can)/K_i(US)\right]=\sum_{k=1}^{4}1/2\left[v_{i,k}^{K}(Can)+v_{i,k}^{K}(US)\right]\ln\left[A_{i,k}(Can)/A_{i,k}(US)\right].$$

Here, $K_i(S)$ denotes capital input in industry i in country S, $v_{i,k}^{K}(S)$ is the capital compensation share of type k capital asset in total capital compensation in industry i in country S, and $A_{i,k}(S)$ is the net stock of type k capital asset in industry i in country S. We then use the following expression to estimate relative capital quality levels for Canada and the United States:

$$\text{(A-2)}\quad \ln\left[q_i^{k}(Can)/q_i^{k}(US)\right]=\ln\left[K_i(Can)/K_i(US)\right]-\ln\left[A_i(Can)/A_i(US)\right],$$

where $A_i(S)=\sum_{k=1}^{4}A_{i,k}(S)$ denotes the total capital stock in industry i in country S.

Likewise for capital input, relative labour input levels in Canada and the United States for industry i can be expressed as:

$$\text{(A-3)}\quad \ln\left[L_i(Can)/L_i(US)\right]=\sum_{j=1}^{112}1/2\left[v_{i,j}^{L}(Can)+v_{i,j}^{L}(US)\right]\ln\left[H_{i,j}(Can)/H_{i,j}(US)\right],$$

where $v_{i,j}^{L}(S)$ denotes the labour compensation shares of type j workers in industry i in country S, and $H_{i,j}(S)$ denotes the hours worked by workers of type j in industry i in country S. As with capital quality, relative labour quality levels are estimated by the following expression:

$$\text{(A-4)}\quad \ln\left[q_i^{L}(Can)/q_i^{L}(US)\right]=\ln\left[L_i(Can)/L_i(US)\right]-\ln\left[H_i(Can)/H_i(US)\right],$$

where $H_i(S)=\sum_{j=1}^{112}H_{i,j}(S)$ is the total number of hours worked by all types of workers in industry i in country S.

We then use the relative quality levels of capital and labour inputs to estimate relative raw TFP levels (commonly referred to as relative Solow residuals). The relationship between the relative raw TFP levels and our estimates of relative TFP levels is given below:

$$\text{(A-5)}\quad \overline{\varphi}_i^D = \overline{v}_i^D + \overline{v}_i^K \ln\left[\frac{q_i^K(Can)}{q_i^K(US)}\right] + \overline{v}_i^L \ln\left[\frac{q_i^L(Can)}{q_i^L(US)}\right],$$

where $\overline{\varphi}_i^D$ is the raw TFP, $\overline{v}_i^D$ is the TFP, and $\overline{v}_i^K$ and $\overline{v}_i^L$ are the average capital and labour compensation shares of the two countries in industry i, as discussed in Section 5.3.

In Table 5.A1, we report relative quality levels of capital and labour inputs and assess their implications for relative TFP levels. Generally speaking, there are some variations in the relative levels of capital quality across industries between Canada and the United States. On the other hand, labour quality in Canada is slightly lower than in the United States in virtually all industries. In most cases, the effect of capital quality is offset by labour quality, resulting in a slight difference between relative raw TFP levels and the estimated TFP levels that incorporate capital and labour input quality differences.

Table 5.A1

Relative Capital and Labour Quality Levels and TFP Levels, 1995 (U.S. = 1.00)

Industry	Capital Quality	Labour Quality	TFP	Raw TFP
1. Agric., For. and Fisheries	1.57	0.99	0.83	0.89
2. Metal Mining	0.92	0.96	0.90	0.86
3. Coal Mining	0.83	0.98	1.16	1.09
4. Crude Pet. and Gas	0.91	0.92	0.71	0.66
5. Non-met. Mining	0.93	1.00	0.96	0.94
6. Construction	1.02	0.97	1.18	1.16
7. Food	1.00	0.95	0.96	0.95
8. Tobacco	0.95	1.01	2.06	2.02
9. Textile	0.98	1.01	0.98	0.98
10. Apparel	1.00	0.97	0.99	0.98
11. Lumber and Wood	1.06	0.97	1.01	1.01
12. Furniture	0.99	0.98	0.96	0.96
13. Paper	1.11	1.00	0.83	0.84
14. Printing	0.93	0.96	0.88	0.86
15. Chemicals	1.01	0.96	0.93	0.92
16. Petroleum Refining	0.74	0.99	1.15	1.12
17. Rubber and Plastics	1.12	0.97	0.85	0.86
18. Leather	1.11	0.95	0.83	0.83
19. Stone, Clay and Glass	1.07	0.98	0.87	0.88
20. Primary Metals	1.20	0.97	0.96	0.97
21. Fabricated Metals	1.05	0.98	0.84	0.84
22. Industrial Machinery	1.04	0.96	0.88	0.87
23. Electrical Machinery	0.87	0.98	0.98	0.96
24. Motor Vehicles	1.67	0.94	1.07	1.09
25. Other Trans. Equip.	0.88	0.95	0.98	0.95
26. Misc. Manufacturing	0.93	0.91	0.92	0.88
27. Trans. and Warehousing	0.81	0.97	0.87	0.84
28. Communications	1.00	0.97	0.99	0.98
29. Electric Utilities	0.98	0.98	1.24	1.22
30. Gas Utilities	0.97	0.96	1.15	1.13
31. Trade	0.83	0.95	1.02	0.97
32. Finance, Ins. and Real Estate	0.96	0.84	1.09	1.02
33. Other Services	1.00	0.94	0.93	0.90
Private Business Sector	1.02	0.97	0.88	0.86

Appendix A:
Estimating Output for the United States

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

WE BEGIN WITH the National Income and Product Accounts (NIPA) as our primary source data. The data correspond to the most recent benchmark revision published by the Bureau of Economic Analysis (BEA) on October 29, 1999. The data provide measures of investment and consumption, in both current and chained 1996 dollars. The framework developed by Christensen and Jorgenson (1973), however, calls for a somewhat broader treatment of output than that of the national accounts. Most important, consumers' durable goods are treated symmetrically with investment goods, since both are long-lived assets that are accumulated and provide a flow of services over their lifetime. We use a rental price to impute a flow of consumers' durables services included in both consumption output and capital input. We also employ a rental price to make relatively small imputations for the service flows from owner-occupied housing and institutional equipment.

Table A.1 presents the time series of total output in current dollars and the corresponding price index for 1959-98. The table also includes the current dollar value and price index for information technology output components – computer investment, software investment, communications investments, computer and software consumption, and the imputed service flow of computer and software consumer durables – as described in Equation (4) of Chapter 2.

Table A.1

Private Domestic Output and High-Tech Assets

	Private Domestic Output		Computer Investment		Software Investment		Communications Investment		Computer and Software Consumption		Computer and Software Consumption Services	
Year	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price
1959	484.1	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1960	472.8	0.24	0.20	697.30	0.10	0.61	2.30	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1961	490.1	0.24	0.30	522.97	0.20	0.62	2.70	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1962	527.1	0.25	0.30	369.16	0.20	0.63	3.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00
1963	562.1	0.25	0.70	276.29	0.40	0.63	2.90	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00
1964	606.4	0.26	0.90	229.60	0.50	0.64	3.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1965	664.2	0.26	1.20	188.74	0.70	0.65	3.50	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1966	728.9	0.27	1.70	132.70	1.00	0.66	4.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
1967	763.1	0.28	1.90	107.71	1.20	0.67	4.20	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00
1968	811.0	0.28	1.90	92.00	1.30	0.68	4.70	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
1969	877.7	0.29	2.40	83.26	1.80	0.70	5.80	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00
1970	937.9	0.31	2.70	74.81	2.30	0.73	6.70	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
1971	991.5	0.32	2.80	56.98	2.40	0.73	6.80	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
1972	1,102.9	0.33	3.50	45.93	2.80	0.73	6.80	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00
1973	1,255.0	0.36	3.50	43.53	3.20	0.75	8.40	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
1974	1,345.9	0.38	3.90	35.55	3.90	0.80	9.40	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00
1975	1,472.7	0.42	3.60	32.89	4.80	0.85	9.70	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00
1976	1,643.0	0.44	4.40	27.47	5.20	0.87	11.10	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
1977	1,828.1	0.47	5.70	23.90	5.50	0.89	14.40	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00
1978	2,080.4	0.50	7.60	16.17	6.60	0.90	17.70	0.81	0.10	33.68	0.02	17.84
1979	2,377.8	0.56	10.20	13.40	8.70	0.95	21.40	0.83	0.10	32.81	0.07	19.01

Table A.1 (cont'd)

	Private Domestic Output		Computer Investment		Software Investment		Communications Investment		Computer and Software Consumption		Computer and Software Consumption Services	
Year	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price
1980	2,525.9	0.59	12.50	10.46	10.70	1.01	25.70	0.88	0.20	22.11	0.20	25.93
1981	2,825.6	0.65	17.10	9.19	12.90	1.07	29.00	0.96	0.40	18.79	0.25	13.90
1982	2,953.5	0.69	18.90	8.22	15.40	1.12	31.10	1.01	1.40	15.12	0.74	11.96
1983	3,207.7	0.72	23.90	6.86	18.00	1.13	31.90	1.03	2.90	10.71	2.07	10.39
1984	3,610.3	0.75	31.60	5.55	22.10	1.14	36.60	1.07	3.00	9.41	2.37	6.07
1985	3,844.1	0.76	33.70	4.72	25.60	1.13	39.90	1.09	2.90	8.68	2.70	4.93
1986	3,967.4	0.76	33.40	4.06	27.80	1.12	42.10	1.10	5.20	6.54	4.84	5.61
1987	4,310.8	0.79	35.80	3.46	31.40	1.12	42.10	1.10	6.20	5.91	4.91	3.54
1988	4,766.1	0.84	38.00	3.21	36.70	1.14	46.70	1.10	8.20	5.41	6.65	3.24
1989	5,070.5	0.86	43.10	3.00	44.40	1.11	46.90	1.10	8.30	5.02	7.89	2.85
1990	5,346.8	0.89	38.60	2.72	50.20	1.09	47.50	1.11	8.90	4.22	10.46	2.97
1991	5,427.2	0.91	37.70	2.45	56.60	1.10	45.70	1.11	11.90	3.53	11.66	2.44
1992	5,672.4	0.92	43.60	2.09	60.80	1.04	47.80	1.10	12.10	2.68	14.96	2.25
1993	5,901.8	0.93	47.20	1.78	69.40	1.04	48.20	1.09	14.50	2.07	16.26	1.71
1994	6,374.4	0.96	51.30	1.57	75.50	1.02	54.70	1.07	18.00	1.81	16.14	1.17
1995	6,674.4	0.97	64.60	1.31	83.50	1.02	60.00	1.03	21.00	1.44	22.64	1.13
1996	7,161.2	1.00	70.90	1.00	95.10	1.00	65.60	1.00	23.60	1.00	30.19	1.00
1997	7,701.8	1.02	76.70	0.78	106.60	0.97	73.00	0.99	26.20	0.69	33.68	0.71
1998	8,013.3	1.01	88.51	0.57	123.41	0.96	83.60	0.97	30.40	0.48	36.53	0.48

Notes: Values are in billions of current dollars. All price indexes are normalized to 1.0 in 1996.

Appendix B:
Estimating Capital Services for the United States

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

B.1 Capital Services Methodology

WE BEGIN WITH SOME NOTATION for measures of investment, capital stock, and capital services, for both individual assets and aggregates. For individual assets:

$I_{i,t}$ = quantity of investment in asset i at time t
$P_{i,t}$ = price of investment in asset i at time t
δ_i = geometric depreciation rate for asset i
$S_{i,t}$ = quantity of capital stock of asset i at time t
$P_{i,t}$ = price of capital stock of asset i at time t
$K_{i,t}$ = quantity of capital services from asset i at time t
$c_{i,t}$ = price of capital services from asset i at time t

where the i subscript refers to different types of tangible assets: equipment and structures, as well as consumers' durable assets, inventories, and land, all for time period t.

For economy-wide aggregates:

I_t = quantity index of aggregate investment at time t
$P_{I,t}$ = price index of aggregate investment at time t
S_t = quantity index of aggregate capital stock at time t
$P_{S,t}$ = price index of aggregate capital stock at time t
K_t = quantity index of aggregate capital services at time t
c_t = price of capital services at time t
$q_{K,t}$ = quality index of aggregate capital services at time t

Our starting point is investment in individual assets. We assume that the price index for each asset measures investment goods in identically productive "efficiency units" over time. For example, the constant-quality price deflators in the NIPA measure the large increase in computing power as a decline in the price of computers.[1] Thus, a faster computer is represented by more $I_{i,t}$

in a given period and a larger accumulation of $S_{i,t}$, as measured by the perpetual inventory equation:

$$(1) \qquad S_{i,t} = S_{i,t-1}(1-\delta_i) + I_{i,t} = \sum_{\tau=0}^{\infty}(1-\delta_i)^{\tau} I_{i,t-\tau},$$

where capital is assumed to depreciate geometrically at the rate δ_i.

Equation (1) has the familiar interpretation – the capital stock is the weighted sum of past investments, where weights are derived from the relative efficiency profile of capital of different ages. Moreover, since $S_{i,t}$ is measured in base-year efficiency units, the appropriate price for valuing the capital stock is simply the investment price deflator, $P_{i,t}$. Furthermore, $S_{i,t}$ represents the installed stock of capital, but we are interested in $K_{i,t}$, the flow of capital services from that stock over a given period. This distinction is not critical at the level of individual assets, but becomes important when we aggregate heterogeneous assets.

For individual assets, we assume that the flow of capital services is proportional to the average of the stock available at the end of the current and prior periods:

$$(2) \qquad K_{i,t} = q_i \frac{\left(S_{i,t} + S_{i,t-1}\right)}{2},$$

where q_i denotes this constant of proportionality, set equal to unity. Note that this differs from our earlier work, e.g., Jorgenson (1990), Jorgenson and Stiroh (1999), and Ho, Jorgenson, and Stiroh (1999), where capital service flows were assumed proportional to the lagged stock of individual assets.

Our approach assumes that any improvement in input characteristics, such as a faster processor in a computer, is incorporated into investment $I_{i,t}$ via deflation of the nominal investment series. That is, investment deflators transform recent vintages of assets into an equivalent number of efficiency units of earlier vintages. This is consistent with the perfect substitutability assumption across vintages and our use of the perpetual inventory method, where vintages differ in productive characteristics due to the age-related depreciation term. We estimate a price of capital services that corresponds to the quantity flow of capital services via a rental price formula. In equilib-

rium, an investor is indifferent between two alternatives: earning a nominal rate of return, i_t, on a different investment or buying a unit of capital, collecting a rental fee, and then selling the depreciated asset in the next period. The equilibrium condition, therefore, is:

$$(3) \qquad (1+i_t)P_{i,t-1} = c_{i,t} + (1-\delta_i)P_{i,t},$$

and rearranging yields a variation of the familiar cost of capital equation:

$$(4) \qquad c_{i,t} = (i_t - \pi_{i,t})P_{i,t-1} + \delta_i P_{i,t},$$

where the asset-specific capital gains term is $\pi_{i,t} = (P_{i,t} - P_{i,t-1}) / P_{i,t-1}$.

This formulation of the cost of capital effectively includes asset-specific revaluation terms. If an investor expects capital gains on his investment, he will be willing to accept a lower service price. Conversely, investors require high service prices for assets like computers with large capital losses. Empirically, asset-specific revaluation terms can be problematic due to wide fluctuations in prices from period to period that can result in negative rental prices. However, asset-specific revaluation terms are becoming increasingly important as prices continue to decline for high-tech assets. Jorgenson and Stiroh (1999), for example, incorporated economy-wide asset revaluation terms for all assets and estimated a relatively modest growth contribution from computers.

As discussed by Jorgenson and Yun (1991), tax considerations also play an important role in rental prices. Following Jorgenson and Yun, we account for investment tax credits, capital consumption allowances, the statutory tax rate, property taxes, debt/equity financing, and personal taxes, by estimating an asset-specific, after-tax real rate of return, $r_{i,t}$, that enters the cost of capital formula:

$$(5) \qquad c_{it} = \frac{1 - ITC_{it} - \tau_t Z_{it}}{1 - \tau_t}\left[r_{it}P_{it-1} + \delta_i P_{it}\right] + \tau_p P_{it-1},$$

where $ITC_{i,t}$ is the investment tax credit, τ_t is the statutory tax rate, $Z_{i,t}$ is the capital consumption allowance, τ_p is a property tax rate, all for asset i at time t, and $r_{i,t}$ is calculated as:

$$(6) \qquad r_{i,t} = \beta[(1-\tau_t)i_t - \pi_{i,t}] + (1-\beta)\left[\frac{\rho_t - \pi_{i,t}(1-t_q^g)}{(1-t_q^c)\alpha + (1-t_q^g)(1-\alpha)}\right],$$

where β is the debt/capital ratio, i_t is the interest cost of debt, ρ_t is the rate of return to equity, α is the dividend payout ratio, and t_q^g and t_q^c are the tax rates on capital gains and dividends, respectively. $\pi_{i,t}$ is the inflation rate of asset i, which allows $r_{i,t}$ to vary across assets.[2]

Equations (1) through (6) describe the estimation of the price and quantity of capital services for individual assets: $P_{i,t}$ and $I_{i,t}$ for investment; $P_{i,t}$ and $S_{i,t}$ for capital stock; and $c_{i,t}$ and $K_{i,t}$ for capital services. For an aggregate production function analysis, we require an aggregate measure of capital services, $K_t = f(K_{1,t}, K_{2,t}, \ldots K_{n,t})$, where n includes all types of reproducible fixed assets, consumers' durable assets, inventories, and land. We employ quantity indices to generate aggregate capital services, capital stock, and investment series.[3]

The growth rate of aggregate capital services is defined as a share-weighted average of the growth rate of the components:

$$(7) \qquad \Delta \ln K_t = \sum_i \bar{v}_{i,t} \Delta \ln K_{i,t},$$

where weights are value shares of capital income:

$$(8) \qquad \bar{v}_{i,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{c_{i,t}K_{i,t}}{\sum_i c_{i,t}K_{i,t}} + \frac{c_{i,t-1}K_{i,t-1}}{\sum_i c_{i,t-1}K_{i,t-1}}\right),$$

and the price index of aggregate capital services is defined as:

$$(9) \qquad c_t = \frac{\sum_i c_{i,t}K_{i,t}}{K_t}.$$

Similarly, the quantity index of capital stock is given by:

$$(10) \quad \Delta \ln S_t = \sum_i \overline{w}_{i,t} \Delta \ln S_{i,t},$$

where the weights are now value shares of the aggregate capital stock:

$$(11) \quad \overline{w}_{i,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,t} S_{i,t}}{\sum_i P_{i,t} S_{i,t}} + \frac{P_{i,t-1} S_{i,t-1}}{\sum_i P_{i,t-1} S_{i,t-1}} \right),$$

and the price index for the aggregate capital stock index is:

$$(12) \quad P_{S,t} = \frac{\sum_i P_{i,t} S_{i,t}}{S_t}.$$

Finally, the aggregate quantity index of investment is given by:

$$(13) \quad \Delta \ln I_t = \sum_i \overline{u}_{i,t} \Delta \ln I_{i,t},$$

where the weights are now value shares of aggregate investment:

$$(14) \quad \overline{u}_{i,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i P_{i,t} I_{i,t}} + \frac{P_{i,t-1} I_{i,t-1}}{\sum_i P_{i,t-1} I_{i,t-1}} \right),$$

and the price index for the aggregate investment index is:

$$(15) \quad P_{I,t} = \frac{\sum_i P_{i,t} I_{i,t}}{I_t}$$

The most important point from this derivation is the difference between the growth rate of aggregate capital services, Equation (7), and the growth rate of capital stock, Equation (10); this difference reflects two factors. First, the

weights are different. The index of aggregate capital services uses rental prices as weights, while the index of aggregate capital stock uses investment prices. Assets with a rapidly falling asset price will have a relatively large rental price. Second, as can be seen from Equation (2), capital services are proportional to a two-period average stock, so the timing of capital services growth and capital stock growth differ for individual assets. In steady-state with a fixed capital to output ratio, this distinction is not significant, but if asset accumulation is either accelerating or decelerating, this timing matters.

A second point to emphasize is that we can define an "aggregate index of capital quality," $q_{K,t}$, analogously to Equation (2). We define the aggregate index of capital quality as $q_{K,t} = K_t/((S_t+S_{t-1})/2)$, and it follows that the growth of capital quality is defined as:

$$(16) \quad \Delta \ln q_{K,t} = \Delta \ln K_t - \Delta \ln\left(\frac{(S_t + S_{t-1})}{2}\right) = \sum_i (\bar{v}_{i,t} - \bar{w}_{i,t}) \Delta \ln\left(\frac{(S_{i,t} + S_{i-1,t})}{2}\right).$$

Equation (16) defines growth in capital quality as the difference between the growth in capital services and the growth in average capital stock. This difference reflects substitution towards assets with relatively high rental price weights and high marginal products. For example, the rental price for computers is declining rapidly as prices fall, which induces substitution towards computers and rapid capital accumulation. However, the large depreciation rate and large negative revaluation term imply that computers have a high marginal product, so their rental price weight greatly exceeds their asset price weight. Substitution towards assets with higher marginal products is captured by our index of capital quality.

B.2 Investment and Capital Data

OUR PRIMARY DATA SOURCE for estimating the flow of capital services is the *Investment Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1925-1997* (BEA, 1998c). These data contain historical cost investment and chain-type quantity indices for 47 types of non-residential assets, 5 types of residential assets, and 13 different types of consumers' durable assets from 1925 to 1997. Table B.1 shows our reclassification of the BEA data into 52 non-residential assets, 5 residential assets, and 13 consumers' durable assets.[4]

Table B.2 presents the value and price index of the broadly defined capital stock, as well as individual information technology assets. Table B.3 presents similar data, but for capital service flows rather than capital stocks.[5] The price of capital stocks for individual assets in Table B.2 is the same as the investment price in Table A.1, but the prices differ for aggregates due to differences between weights based on investment flows and those based on asset stocks. The price index for investment grows more slowly than the price index for assets, since short-lived assets with substantial relative price declines represent a greater proportion of investment.

An important caveat about the underlying investment data is that it runs only through 1997 and is not consistent with the BEA benchmark revision of October 1999. We have made several adjustments to reflect the BEA revision, to make the data consistent with our earlier work, and to extend the investment series to 1998. First, we have replaced the Tangible Wealth series on "computers and peripheral equipment" with the NIPA investment series for "computers and peripheral equipment," in both current and chained 1996 dollars. These series were identical in the early years and differed by about 5 percent in current dollars in 1997. Similarly, we used the new NIPA series for investment in "software," "communications equipment," and for personal consumption of "computers, peripherals, and software" in both current and chained 1996 dollars. These NIPA series enable us to maintain a complete and consistent time series that incorporates the latest benchmark revisions and the expanded output concept that includes software.

Second, we have combined investment in residential equipment with "other equipment," a form of non-residential equipment. This does not change the investment or capital stock totals, but reallocates some investment and capital from the residential to the non-residential category.

Third, we control the total value of investment in major categories – structures, equipment and software, residential structures, and total consumers' durables – to correspond with NIPA aggregates. This adjustment maintains a consistent accounting for investment and purchases of consumers' durables as inputs and outputs. Computer investment, software investment, communications investment, and consumption of computers, peripherals, and software series are not adjusted.

Table B.1
Investment and Capital Stock by Asset Type and Class

Asset	Geometric Dep. Rate	1998	
		Investment	Capital Stock
Total Capital	n.a.		27,954.7
Fixed Reproducible Assets	n.a.	4,161.7	20,804.2
Equipment and Software		829.1	4,082.0
Household Furniture	0.1375	2.3	13.1
Other Furniture	0.1179	37.6	224.4
Other Fabricated Metal Products	0.0917	15.9	134.5
Steam Engines	0.0516	2.7	60.1
Internal Combustion Engines	0.2063	1.6	6.9
Farm Tractors	0.1452	10.8	60.7
Construction Tractors	0.1633	2.9	15.3
Agricultural Machinery, Except Tractors	0.1179	13.1	89.2
Construction Machinery, Except Tractors	0.1550	20.6	99.5
Mining and Oilfield Machinery	0.1500	2.4	15.6
Metalworking Machinery	0.1225	37.1	228.6
Special Industry Machinery, N.E.C.	0.1031	38.6	288.7
General Industrial, Including Materials Handling, Equipment	0.1072	34.5	247.5
Computers and Peripheral Equipment	0.3150	88.5	164.9
Service Industry Machinery	0.1650	17.9	92.0
Communication Equipment	0.1100	83.6	440.5
Electrical Transmission, Distribution, and Industrial Apparatus	0.0500	26.7	313.0
Household Appliances	0.1650	1.5	6.9
Other Electrical Equipment, N.E.C.	0.1834	15.2	64.5
Trucks, Buses, and Truck Trailers	0.1917	104.5	367.0
Autos	0.2719	19.4	70.2
Aircraft	0.0825	23.0	174.5
Ships and Boats	0.0611	3.0	48.4
Railroad Equipment	0.0589	5.3	69.1
Instruments (Scientific and Engineering)	0.1350	30.9	172.6

Table B.1 (cont'd)

Asset	Geometric Dep. Rate	1998	
		Investment	Capital Stock
Photocopy and Related Equipment	0.1800	22.6	103.0
Other Non-residential Equipment	0.1473	35.4	184.3
Other Office Equipment	0.3119	8.4	24.5
Software	0.3150	123.4	302.4
Non-Residential Structures		2,271.3	5,430.6
Industrial Buildings	0.0314	36.4	766.6
Mobile Structures (Offices)	0.0556	0.9	9.8
Office Buildings	0.0247	44.3	829.8
Commercial Warehouses	0.0222	0.0	0.0
Other Commercial Buildings, N.E.C.	0.0262	55.7	955.8
Religious Buildings	0.0188	6.6	155.3
Educational Buildings	0.0188	11.0	157.4
Hospital and Institutional Buildings	0.0188	17.76	355.12
Hotels and Motels	0.0281	17.08	210.57
Amusement and Recreational Buildings	0.0300	9.14	103.55
Other Confirm Buildings, N.E.C.	0.0249	2.07	67.68
Railroad Structures	0.0166	5.78	210.36
Telecommunications	0.0237	13.19	282.09
Electric Light and Power (Structures)	0.0211	12.12	490.04
Gas (Structures)	0.0237	4.96	170.98
Local Transit Buildings	0.0237	0.00	0.00
Petroleum Pipelines	0.0237	1.11	39.20
Farm Related Buildings and Structures	0.0239	4.59	202.73
Petroleum and Natural Gas	0.0751	22.12	276.99
Other Mining Exploration	0.0450	2.03	38.96
Other Confirm Structures	0.0450	6.39	107.70
Railroad Track Replacement	0.0275	0.00	0.00
Nuclear Fuel Rods	0.0225	0.00	0.00

Table B.1 (cont'd)

Asset	Geometric Dep. Rate	1998	
		Investment	Capital Stock
Residential Structures		363.18	8,309.62
1-to-4-Unit Homes	0.0114	240.27	5,628.27
5-or-More-Unit Homes	0.0140	21.11	871.81
Mobile Homes	0.0455	14.64	147.17
Improvements	0.0255	86.29	1,634.15
Other Residential	0.0227	0.87	28.23
Consumers Durables		698.20	2,981.97
Autos	0.2550	166.75	616.53
Trucks	0.2316	92.53	327.85
Other (Rvs)	0.2316	18.63	64.98
Furniture	0.1179	56.02	372.26
Kitchen Appliances	0.1500	29.83	161.75
China, Glassware	0.1650	29.65	141.44
Other Durable	0.1650	64.03	309.67
Computers and Software	0.3150	30.40	52.30
Video, Audio	0.1833	75.15	289.22
Jewelry	0.1500	44.58	228.38
Ophthalmic	0.2750	16.53	53.44
Books and Maps	0.1650	25.34	132.51
Wheel Goods	0.1650	48.76	231.66
Land	0.0000		5,824.18
Inventories	0.0000		1,326.31

Note: Values of investment and capital stock are in millions of current dollars. Equipment and Software and Other non-residential equipment include NIPA residential equipment.

Source: BEA (1998a, 1998b, 1998c) and author calculations.

Table B.2
Total Capital Stock and High-Tech Assets

Year	Total Stock of Capital and CD Assets		Computer Capital Stock		Software Capital Stock		Communications Capital Stock		Computer and Software CD Stock	
	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price
1959	1,300.3	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	9.97	0.47	0.00	0.00
1960	1,391.0	0.18	0.20	697.30	0.10	0.61	11.11	0.47	0.00	0.00
1961	1,478.5	0.18	0.40	522.97	0.27	0.62	12.53	0.47	0.00	0.00
1962	1,583.6	0.19	0.50	369.16	0.39	0.63	14.06	0.46	0.00	0.00
1963	1,667.7	0.19	0.95	276.29	0.67	0.63	15.50	0.46	0.00	0.00
1964	1,736.0	0.19	1.44	229.60	0.97	0.64	16.99	0.47	0.00	0.00
1965	1,848.3	0.19	2.01	188.74	1.37	0.65	18.56	0.47	0.00	0.00
1966	2,007.7	0.20	2.67	132.70	1.95	0.66	20.69	0.47	0.00	0.00
1967	2,150.6	0.21	3.38	107.71	2.55	0.67	23.21	0.49	0.00	0.00
1968	2,394.9	0.22	3.88	92.00	3.09	0.68	26.38	0.51	0.00	0.00
1969	2,670.4	0.24	4.81	83.26	3.98	0.70	30.57	0.54	0.00	0.00
1970	2,874.8	0.24	5.66	74.81	5.12	0.73	35.16	0.57	0.00	0.00
1971	3,127.9	0.26	5.75	56.98	5.91	0.73	39.66	0.60	0.00	0.00
1972	3,543.0	0.28	6.68	45.93	6.86	0.73	43.77	0.62	0.00	0.00
1973	4,005.0	0.30	7.83	43.53	8.04	0.75	48.30	0.64	0.00	0.00
1974	4,250.3	0.31	8.28	35.55	9.77	0.80	55.98	0.69	0.00	0.00
1975	4,915.0	0.35	8.85	32.89	11.89	0.85	64.49	0.76	0.00	0.00
1976	5,404.1	0.37	9.46	27.47	13.52	0.87	71.56	0.80	0.00	0.00
1977	6,151.9	0.41	11.34	23.90	15.01	0.89	76.27	0.78	0.00	0.00
1978	7,097.4	0.45	12.86	16.17	17.00	0.90	88.54	0.81	0.10	33.68
1979	8,258.3	0.50	17.50	13.40	21.01	0.95	101.62	0.83	0.17	32.81
1980	9,407.4	0.56	21.85	10.46	25.93	1.01	122.33	0.88	0.28	22.11
1981	10,771.2	0.62	30.26	9.19	31.72	1.07	146.61	0.96	0.56	18.79
1982	11,538.6	0.66	37.45	8.22	38.14	1.12	168.74	1.01	1.71	15.12

Table B.2 (cont'd)

Year	Total Stock of Capital and CD Assets		Computer Capital Stock		Software Capital Stock		Communications Capital Stock		Computer and Software CD Stock	
	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price
1983	12,033.2	0.67	45.29	6.86	44.40	1.13	185.59	1.03	3.73	10.71
1984	13,247.3	0.71	56.70	5.55	52.68	1.14	207.81	1.07	5.25	9.41
1985	14,837.5	0.77	66.72	4.72	61.66	1.13	228.43	1.09	6.21	8.68
1986	15,985.5	0.81	72.77	4.06	69.38	1.12	246.93	1.10	8.41	6.54
1987	17,137.5	0.85	78.26	3.46	79.17	1.12	262.59	1.10	11.40	5.91
1988	18,632.2	0.90	87.79	3.21	91.54	1.14	280.64	1.10	15.35	5.41
1989	20,223.2	0.96	99.26	3.00	105.64	1.11	297.05	1.10	18.06	5.02
1990	20,734.0	0.96	100.29	2.72	121.57	1.09	311.95	1.11	19.30	4.22
1991	21,085.3	0.97	99.42	2.45	140.37	1.10	324.37	1.11	22.97	3.53
1992	21,296.9	0.96	101.84	2.09	151.41	1.04	334.48	1.10	24.05	2.68
1993	21,631.7	0.96	106.68	1.78	173.39	1.04	342.48	1.09	27.20	2.07
1994	22,050.0	0.96	115.74	1.57	191.63	1.02	353.46	1.07	34.28	1.81
1995	23,346.7	0.99	130.78	1.31	215.13	1.02	362.23	1.03	39.71	1.44
1996	24,300.2	1.00	139.13	1.00	239.73	1.00	380.00	1.00	42.49	1.00
1997	26,070.4	1.04	150.57	0.78	266.63	0.97	407.58	0.99	46.20	0.69
1998	27,954.7	1.08	164.87	0.57	302.41	0.96	440.52	0.97	52.30	0.48

Note: Values are in billions of current dollars. Total capital stock includes reproducible assets, consumers' durable assets (CD), land, and inventories. All price indices are normalized to 1.0 in 1996.

Table B.3

Total Capital Services and High-Tech Assets

Year	Total Service Flow from Capital and CD Assets		Computer Capital Service Flow		Software Capital Service Flow		Communications Capital Service Flow		Computer and Software CD Service Flow	
	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price
1959	214.7	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55	0.50	0.00	0.00
1960	183.7	0.26	0.05	407.59	0.02	0.64	2.65	0.47	0.00	0.00
1961	192.3	0.26	0.25	602.38	0.08	0.61	2.85	0.45	0.00	0.00
1962	211.9	0.28	0.41	480.68	0.15	0.65	3.44	0.48	0.00	0.00
1963	241.7	0.30	0.56	291.73	0.22	0.60	3.32	0.42	0.00	0.00
1964	260.2	0.31	0.77	196.86	0.34	0.59	3.68	0.42	0.00	0.00
1965	289.2	0.32	1.15	169.47	0.52	0.64	4.73	0.50	0.00	0.00
1966	315.4	0.33	1.99	161.83	0.74	0.65	5.00	0.48	0.00	0.00
1967	333.8	0.33	2.13	103.65	1.03	0.68	5.14	0.45	0.00	0.00
1968	330.2	0.31	2.40	81.43	1.29	0.69	5.43	0.44	0.00	0.00
1969	349.2	0.31	2.54	63.64	1.57	0.69	6.02	0.44	0.00	0.00
1970	382.5	0.33	3.27	61.40	2.09	0.74	7.23	0.48	0.00	0.00
1971	391.4	0.32	4.83	68.40	2.83	0.83	8.34	0.51	0.00	0.00
1972	439.6	0.35	4.44	45.09	3.01	0.77	8.86	0.51	0.00	0.00
1973	517.9	0.38	4.02	30.87	3.47	0.77	12.48	0.68	0.00	0.00
1974	546.6	0.38	6.04	36.38	3.99	0.78	11.48	0.58	0.00	0.00
1975	619.2	0.42	5.36	26.49	5.17	0.88	13.41	0.64	0.00	0.00
1976	678.1	0.44	6.01	24.25	5.60	0.84	13.61	0.62	0.00	0.00
1977	742.8	0.47	6.35	19.16	6.26	0.86	22.37	0.94	0.00	0.00
1978	847.5	0.51	10.71	20.84	7.31	0.91	19.02	0.72	0.02	17.84
1979	999.1	0.57	10.45	12.30	8.19	0.89	26.30	0.89	0.07	19.01
1980	1,026.9	0.56	15.03	10.96	9.99	0.93	23.94	0.72	0.20	25.93
1981	1,221.4	0.66	15.92	7.33	11.76	0.94	23.89	0.64	0.25	13.90

Table B.3 (cont'd)

Year	Total Service Flow from Capital and CD Assets		Computer Capital Service Flow		Software Capital Service Flow		Communications Capital Service Flow		Computer and Software CD Service Flow	
	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price	Value	Price
1982	1,251.7	0.65	17.29	5.47	12.54	0.87	25.32	0.62	0.74	11.96
1983	1,359.1	0.71	22.77	5.06	15.11	0.92	29.54	0.67	2.07	10.39
1984	1,570.1	0.79	30.79	4.54	19.02	0.99	33.20	0.70	2.37	6.07
1985	1,660.5	0.79	33.72	3.43	22.41	0.99	39.30	0.77	2.70	4.93
1986	1,559.9	0.71	36.44	2.82	25.88	0.99	43.39	0.79	4.84	5.61
1987	1,846.6	0.80	45.07	2.76	31.84	1.07	55.49	0.94	4.91	3.54
1988	2,185.3	0.89	43.85	2.18	37.72	1.11	67.22	1.07	6.65	3.24
1989	2,243.0	0.89	47.89	1.97	45.96	1.16	67.90	1.02	7.89	2.85
1990	2,345.0	0.90	53.28	1.89	51.07	1.10	69.86	1.00	10.46	2.97
1991	2,345.8	0.88	52.65	1.69	54.07	1.01	66.05	0.91	11.66	2.44
1992	2,335.4	0.86	57.69	1.60	69.11	1.12	70.72	0.94	14.96	2.25
1993	2,377.4	0.85	62.00	1.42	69.32	0.98	80.23	1.02	16.26	1.71
1994	2,719.5	0.94	63.16	1.17	84.14	1.05	89.16	1.09	16.14	1.17
1995	2,833.4	0.94	77.77	1.11	89.18	0.99	101.18	1.17	22.64	1.13
1996	3,144.4	1.00	96.36	1.00	101.46	1.00	92.91	1.00	30.19	1.00
1997	3,466.3	1.05	103.95	0.77	119.80	1.04	100.13	1.00	33.68	0.71
1998	3,464.8	0.99	118.42	0.61	128.32	0.97	103.35	0.94	36.53	0.48

Note: Values are in billions of current dollars. Service prices are normalized to 1.0 in 1996. Total service flows include reproducible assets, consumers' durable assets (CD), land, and inventories. All price indices are normalized to 1.0 in 1996.

Fourth, we extended the investment series through 1998 based on NIPA estimates. For example, the 1998 growth rates for other fabricated metal products, steam engines, internal combustion engines, metalworking machinery, special industry machinery, general industrial equipment, and electrical transmission and distribution equipment were taken from the "other" equipment category of NIPA. The growth rate of each type of consumers' durables was taken directly from NIPA.

These procedures generated a complete time series of investment in 57 private assets (29 types of equipment and software, 23 types of non-residential structures, and 5 types of residential structures) and consumption of 13 consumers' durable assets in both current dollars and chained-1996 dollars from 1925 to 1998. For each asset, we created a real investment series by linking the historical cost investment and the quantity index in the base year 1996. Capital stocks were then estimated using the perpetual inventory method in Equation (1) and a geometric depreciation rate, based on Fraumeni (1997) and reported in Table B.1.

Important exceptions are the depreciation rates for computers, software, and autos. BEA (1998a) reports that computer depreciation is based on the work of Oliner (1993, 1994), is non-geometric, and varies over time. We estimated a best-geometric approximation to the latest depreciation profile for different types of computer assets and used an average geometric depreciation rate of 0.315 for computer investment, software investment, and consumption of computers, peripherals, and software. Similarly, we estimated a best geometric approximation to the depreciation profile for autos of 0.272.

We also assembled data on investment and land to complete our capital estimates. The inventory data come primarily from NIPA in the form of farm and non-farm inventories. Inventories are assumed to have a depreciation rate of zero and do not face an investment tax credit or capital consumption allowance, so the rental price formula is a simplified version of Equation (5).

Data on land are somewhat more problematic. Through 1995, the Federal Reserve Board published detailed data on land values and quantities in its *Balance Sheets for the U.S. Economy* study (Federal Reserve Board, 1995), but the underlying data became unreliable and are no longer published. We use the limited land data available in the *Flow of Funds Accounts of the United States* and historical data described in Jorgenson (1990) to estimate the price and quantity of private land. As a practical matter, this quantity series varies

very little, so its major impact is to slow the growth of capital by assigning a positive weight to the zero growth rate of land. Like inventories, depreciation, the investment tax credit, and capital consumption allowances for land are zero.

A final methodological detail involves negative service prices that sometimes result from the use of asset-specific revaluation terms. As can be seen from the simplified cost of capital formula in Equation (5), an estimated service price can be negative if asset inflation is high relative to the interest rate and depreciation rate. Economically, this is possible, implying that capital gains were higher than expected. Negative service prices make aggregation difficult so we made adjustments for several assets. In a small number of cases for reproducible assets and inventories, primarily structures in the 1970s, we used smoothed inflation for surrounding years rather than the current inflation in the cost of capital calculation. For land, which showed large capital gains throughout and has no depreciation, we used the economy-wide rate of asset inflation for all years.

Notes

1 See BLS (1997), particularly Chapter 14, for details on the quality adjustments incorporated into the producer price indices used as the primary deflators for the capital stock study. Cole *et al.* (1986) and Triplett (1986, 1989) provide details on the estimation of hedonic regressions for computers.

2 A complication, of course, is that ρ_t is endogenous. We assume that the after-tax rate of return to all assets is the same and estimate ρ_t as the return that exhausts the payment of capital across all assets in the corporate sector. In addition, tax considerations vary across ownership classes (e.g., corporate, non-corporate, and household). We account for these differences in our empirical work, but do not go into details here. See Jorgenson and Yun (1991, Chapter 2).

3 See Diewert (1980) and Fisher (1992) for details.

4 Katz and Herman (1997) and Fraumeni (1997) provide details on the BEA methodology and underlying data sources.

5 Note that these price indices have been normalized to 1.0 in 1996, so they do not correspond to the components of the capital service formula in Equation (5).

Appendix C:
Estimating Labour Input

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

C.1 Labour Input Methodology

WE AGAIN BEGIN WITH SOME NOTATION for measures of hours worked, labour inputs, and labour quality for worker categories:

$H_{j,t}$ = quantity of hours worked by worker category j at time t
$w_{j,t}$ = price of an hour worked by worker category j at time t
$L_{j,t}$ = quantity of labour services from worker category j at time t

and for economy-wide aggregates:

H_t = quantity of aggregate hours worked at time t
W_t = average wage of hours worked at time t
L_t = quantity index of labour input at time t
$P_{L,t}$ = price index of labour input at time t
$q_{L,t}$ = quality index of labour input at time t

In general, the methodology for estimating labour input parallels capital services, but the lack of an investment-type variable makes the labour input somewhat more straightforward. For each individual category of workers, we begin by assuming that the flow of labour services is proportional to hours worked:

$$(1) \qquad L_{j,t} = q_{L,j} H_{j,t},$$

where $q_{L,j}$ is the constant of proportionality for worker category j, set equal to unity.

The growth rate of aggregate labour input is defined as the share-weighted aggregate of the components as:

$$(2) \qquad \Delta \ln L_t = \sum_j \bar{v}_{j,t} \Delta \ln L_{j,t},$$

where weights are value shares of labour income:

$$(3) \qquad \bar{v}_{j,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{w_{j,t} L_{j,t}}{\sum_j w_{j,t} L_{j,t}} + \frac{w_{j,t-1} L_{j,t-1}}{\sum_j w_{j,t-1} L_{j,t-1}} \right),$$

and the price of aggregate labour input is defined as:

$$(4) \qquad P_{L,t} = \frac{\sum_j w_{j,t} L_{j,t}}{L_t}.$$

We define the "aggregate index of labour quality", $q_{L,t}$, by $q_{L,t} = L_t/H_t$, where H_t is the unweighted sum of labour hours:

$$(5) \qquad H_t = \sum_j H_{j,t}.$$

The growth in labour quality is then defined as:

$$(6) \qquad \Delta \ln q_{L,t} = \sum_j \bar{v}_{j,t} \Delta \ln H_{j,t} - \Delta \ln H_t.$$

Equation (6) defines growth in labour quality as the difference between weighted and unweighted growth in labour hours. As with capital, this reflects substitutions among heterogeneous types of labour with different characteristics and different marginal products. As described by Ho and Jorgenson (1999), one can further decompose labour quality into components associated with different characteristics of labour, such as age, sex, and education.

C.2 Labour Data

OUR PRIMARY DATA SOURCES are individual observations from the decennial Census of Population for 1970, 1980, and 1990, the NIPA, and the annual Current Population Survey (CPS). The NIPA provides totals for hours worked, and the Census and CPS allow us to estimate labour quality growth. Details on the construction of the labour data are presented in Ho and Jorgenson (1999). Table C.1 reports the primary labour input data used in this study, including the price, quantity, value, and quality of labour input,

as well as employment, weekly hours, hourly compensation, and hours worked.

Briefly, the Census of Population provide detailed data on employment, hours, and labour compensation across demographic groups in census years. The CPS data are used to interpolate similar data for intervening years, and the NIPA data provide control totals. The demographic groups include 168 different types of workers, cross-classified by sex (male, female), class (employee, self-employed or unpaid), age (16-17, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65+), and education (0-8 years of grade school, 1-3 years of high school, 4 years of high school, 1-3 years of college, 4 years of college, 5+ years of college).[1] Adjustments to the data include allocations of multiple job-holders, an estimation procedure to recover "top-coded" income data, and bridging to maintain consistent definitions of demographic groups over time.

These detailed data cover the period 1959 to 1995 and are taken from Ho and Jorgenson (1999). They allow us to estimate the quality of the labour input for the private business sector, general government, and government enterprises, where only the private business sector index is used in the aggregate growth accounting results. For the years 1996-98, we estimate labour quality growth by holding relative wages across labour types constant, and by incorporating demographic projections for the labour force. Hours worked by employees are taken from the latest data in the NIPA; hours worked by the self-employed are estimated by Ho and Jorgenson (1999).

Note

1 There is also an industry dimension, which we do not exploit in this aggregate framework, but it is used in the industry productivity analysis discussed below.

Table C.1

Labour Input

Year	Labour Input				Employment	Weekly Hours	Hourly Compensation	Hours Worked
	Price	Quantity	Value	Quality				
1959	0.15	1,866.7	269.8	0.82	58,209	38.0	2.3	115,167
1960	0.15	1,877.5	289.1	0.82	58,853	37.7	2.5	115,403
1961	0.16	1,882.0	297.7	0.83	58,551	37.4	2.6	113,996
1962	0.16	1,970.7	315.3	0.86	59,681	37.5	2.7	116,348
1963	0.16	2,000.2	320.4	0.86	60,166	37.5	2.7	117,413
1964	0.17	2,051.4	346.2	0.87	61,307	37.4	2.9	119,111
1965	0.18	2,134.8	375.1	0.88	63,124	37.4	3.0	122,794
1966	0.19	2,226.9	413.7	0.89	65,480	37.1	3.3	126,465
1967	0.19	2,261.8	429.3	0.90	66,476	36.8	3.4	127,021
1968	0.21	2,318.8	480.8	0.91	68,063	36.5	3.7	129,194
1969	0.22	2,385.1	528.6	0.91	70,076	36.4	4.0	132,553
1970	0.24	2,326.6	555.6	0.90	69,799	35.8	4.3	130,021
1971	0.26	2,318.3	600.2	0.90	69,671	35.8	4.6	129,574
1972	0.28	2,395.5	662.9	0.91	71,802	35.8	5.0	133,554
1973	0.29	2,519.1	736.4	0.91	75,255	35.7	5.3	139,655
1974	0.32	2,522.2	798.8	0.91	76,474	35.0	5.7	139,345
1975	0.35	2,441.8	852.9	0.92	74,575	34.6	6.3	134,324
1976	0.38	2,525.6	964.2	0.92	76,925	34.6	7.0	138,488
1977	0.41	2,627.2	1,084.9	0.92	80,033	34.6	7.5	143,918
1978	0.44	2,783.7	1,232.4	0.93	84,439	34.5	8.1	151,359
1979	0.48	2,899.6	1,377.7	0.93	87,561	34.5	8.8	157,077
1980	0.52	2,880.8	1,498.2	0.94	87,788	34.1	9.6	155,500
1981	0.55	2,913.8	1,603.9	0.94	88,902	33.9	10.2	156,558
1982	0.60	2,853.3	1,701.6	0.94	87,600	33.6	11.1	153,163

Table C.1 (cont'd)

Year	Labour Input				Employment	Weekly Hours	Hourly Compensation	Hours Worked
	Price	Quantity	Value	Quality				
1983	0.66	3,095.5	2,040.2	0.95	93,176	34.0	12.4	164,870
1984	0.64	2,904.9	1,849.0	0.94	88,638	33.9	11.9	156,049
1985	0.69	3,174.6	2,183.5	0.95	95,410	33.9	13.0	168,175
1986	0.75	3,192.8	2,407.1	0.95	97,001	33.5	14.2	169,246
1987	0.74	3,317.1	2,464.0	0.96	99,924	33.7	14.1	174,894
1988	0.76	3,417.2	2,579.5	0.96	103,021	33.6	14.3	179,891
1989	0.80	3,524.2	2,827.0	0.96	105,471	33.7	15.3	184,974
1990	0.84	3,560.3	3,001.9	0.97	106,562	33.6	16.1	186,106
1991	0.88	3,500.3	3,081.4	0.97	105,278	33.2	16.9	181,951
1992	0.94	3,553.4	3,337.0	0.98	105,399	33.2	18.3	182,200
1993	0.95	3,697.5	3,524.4	0.99	107,917	33.5	18.8	187,898
1994	0.96	3,806.4	3,654.6	0.99	110,888	33.6	18.9	193,891
1995	0.98	3,937.5	3,841.2	1.00	113,707	33.7	19.3	199,341
1996	1.00	4,016.8	4,016.8	1.00	116,083	33.6	19.8	202,655
1997	1.02	4,167.6	4,235.7	1.01	119,127	33.8	20.3	209,108
1998	1.06	4,283.8	4,545.7	1.01	121,934	33.7	21.3	213,951

Note: The quantity of labour input is measured in billions of 1996 dollars; the value of the labour input is measured in billions of current dollars. Employment is in thousands of workers, hourly compensation is expressed in dollars, and hours worked are in millions. The price of the labour input and the index of labour quality are normalized to 1.0 in 1996.

Appendix D:
Estimating Industry-level Productivity for the United States

Dale W. Jorgenson and Kevin J. Stiroh

OUR PRIMARY DATA ARE ANNUAL TIME SERIES of inter-industry transactions in current and constant prices, including final demands by commodity, investment and labour inputs by industry, and output by industry. The first building block is a set of inter-industry transactions produced by the Employment Projections Office of the Bureau of Labor Statistics (BLS). These data report intermediate inputs and total value-added (the sum of capital and labour inputs and taxes) for 185 industries from 1977 to 1995. A major advantage of this BLS inter-industry data is that it provides the necessary interpolations between benchmark years.

We aggregate the data from the *make* and *use* tables to generate inter-industry transactions for 35 private business industries at approximately the two-digit Standard Industrial Classification (SIC) level. These tables enable us to generate growth rates of industry outputs, growth rates of intermediate inputs, and shares of intermediate inputs as needed in Equation (2) of Chapter 2. They also provide control totals for value added in each industry, the sum of the values of capital and labour services and taxes.

Estimation of capital services and labour input follows the procedures described above for each industry. We collected information from three sources to estimate prices and quantities of capital and labour inputs by industry. An industry-level breakdown of the value of capital and labour input is available in the "gross product originating" series described in Lum and Yuskavage (1997) of the BEA. Investments by asset classes and industries are from the BEA Tangible Wealth Survey (BEA, 1998a, described by Katz and Herman, 1997). Labour data across industries are from the decennial Census of Population and the annual Current Population Survey. We use the prices and quantities of labour services for each industry constructed by Ho and Jorgenson (1999).

We also generate capital and labour services for a Private Household sector and the Government sector.[1] For private households, the value of labour services equals labour income in the BLS private household industry, while capital

income reflects the imputed flow of capital services from residential housing, consumers' durables, and household land as described above. For the Government sector, labour income equals labour compensation of general government employees and capital income is an estimate of the flow of capital services from government capital.[2] Note that the Government Enterprises sector is treated as a private business industry and is separate from the General Government sector.

Notes

1 The Private Household and Government sectors include only capital and labour as inputs. Output in these sectors is defined via a Tornqvist index of capital and labour inputs, so productivity growth is zero by definition.

2 The BEA includes a similar imputation for the flow of government capital services in the national accounts, but our methodology includes a return to capital, as well as depreciation as estimated by the BEA.

Appendix E: Measuring the Quantity and Cost of Capital Inputs in Canada

Wulong Gu and Frank C. Lee

E.1 Introduction

IN THIS APPENDIX, WE PRESENT THE METHODOLOGY for estimating the indices of capital inputs in Canada over the 1961-98 period. Unlike simple measures of capital stocks, our measure of capital inputs takes into account the changing composition of capital stocks (relatively more equipment than structures). The change in our measure reflects both capital accumulation and a changing composition of capital stocks.

Capital stocks would be a valid measure of capital inputs if capital assets were homogeneous. They are, however, heterogeneous, and their composition changes over time (Griliches and Jorgenson, 1966; and Jorgenson and Griliches, 1967). Tangible assets have different acquisition prices, service lives, depreciation rates, tax treatments, and ultimately different marginal products. The capital stock measure does not account for these differences in capital stocks. However, the capital stock measure is easily available and much work on productivity has used that measure. For example, Statistics Canada employs net capital stock in its productivity estimates at the detailed industry level (Statistics Canada, 1994b). The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) uses gross capital stock in its international comparison of productivity in OECD countries (OECD, 1998).

Jorgenson, Gollop and Fraumeni (1987) constructed indices of capital inputs for forty-six private industrial sectors and the civilian U.S. economy over the 1947-79 period. Their measures of capital inputs incorporate the characteristics of physical assets, cross-classified by six classes of assets (producers' durable equipment, consumers' durable equipment, tenant-occupied residential or non-residential structures, owner-occupied residential structures, inventory, and land) and four legal forms of ownership (corporate business, non-corporate business, household, and institution). More recently, Ho, Jorgenson and Stiroh (1999) extended the analysis and estimated the annual indices of capital inputs for the private U.S. economy over 1948-96.

The desirability of using capital inputs for productivity analysis has been recognized by the U.S. Bureau of Labor Statistics. In 1983, the BLS developed the indices of capital inputs from data on forty-seven types of assets and three major industrial sectors (farm, manufacturing, and other industrial).[1] In recent empirical work, the BLS (1999) made substantial revisions to the procedures used for calculating capital inputs. The most notable are a decrease in the depreciation rates for non-residential structures and a finer classification of capital inputs by industrial sector.

Indices of aggregate capital input have been constructed for Canada by Dougherty (1992), Diewert and Lawrence (1999), and Jorgenson and Yip (1999). Dougherty's indices of capital inputs were built from data on eight types of capital assets and two types of ownership (corporate and personal sectors). Jorgenson and Yip (1999) extended the analysis to a more recent period. Diewert and Lawrence (1999) also constructed indices of aggregate capital input for Canada and examined the sensitivity of their measures to various asset depreciation patterns.

We have constructed indices of capital inputs for the aggregate business sector and each industrial sector in Canada for the 1961-98 period. This appendix explains the methodology and data sources used in the construction of capital inputs. In Section E.2 below, we outline the methodology. In Section E.3, we describe the data sources used for constructing the indices of capital inputs. In Section E.4, we present the annual estimates of capital inputs for each industrial sector and the aggregate business sector for the 1961-98 period. Section E.5 concludes.

E.2 Methodology for Measuring the Quantity and Cost of Capital Inputs

OUR OBJECTIVE IS TO CONSTRUCT indices of capital inputs or capital services for the business sector and each of the 123 industries of the business sector (called the P-level industry aggregation) over the 1961-98 period. The indices of capital inputs take into account the changing composition of capital stocks and are built from five types of tangible assets: machinery labour equipment, building structures, engineering structures, inventories, and land.

E.2.1 Estimating Capital Inputs

To construct an index of capital inputs, we assume that the aggregate capital input $\{K\}$ can be expressed as a translog function of its individual components$\{K_k\}$. The growth rate of the aggregate capital input is therefore the weighted average of the growth rates of its components:

$$(1) \qquad \Delta \ln K = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln K_k ,$$

where Δ denotes a first difference, or change between two consecutive periods, for example:

$$(2) \qquad \Delta \ln K = \ln K(t) - \ln K(t-1) .$$

The weights are given by the average share of the individual components in the value of capital compensation:

$$(3) \qquad \bar{v}_k = \frac{1}{2}\left[v_k(t) + v_k(t-1)\right], \; v_k = \frac{c_k K_k}{\sum_k c_k K_k} ,$$

where $\{c_k\}$ is the set of user costs of the components of the capital input.[2] At market equilibrium, the user cost of a capital input equals the value of its marginal product. Aggregating capital inputs by means of user costs therefore effectively accounts for the differences in productive contribution from various assets.

The quantity of services for each component of capital input $\{K_k\}$ is proportional to the stock of capital $\{A_k\}$ at the beginning of the period:

$$(4) \qquad K_k(t) = Q_k A_k(t) ,$$

where the constants of proportionality $\{Q_k\}$ transform capital stock into the quantity of services produced by that stock per period.

We assume that the quantity of services delivered per unit of capital stock $\{Q_k\}$, per computer for example, is constant at all points in time. The improvement in the quality of computers (e.g., increased processing speed) is incorporated in

the measurement of real capital stock via the proper construction of the price index for computers. Indeed, major efforts have been undertaken in recent years to construct these quality-adjusted price deflators for goods, such as computers that experienced dramatic quality improvement (BLS, 1997; and Gordon, 1997).

Using Equation (4), we can express the growth rate of capital inputs in terms of the growth rates of the capital stock components $\{A_k\}$:

$$(5) \qquad \Delta \ln K = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln K_k = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln A_k .$$

At the heart of the above methodology for estimating capital inputs is the distinction between capital stock $\{A_k\}$ and the flow of services received from the capital stock in one period $\{K_k\}$. A distinction is also made between the price of acquiring an asset $\{P_k\}$ and the cost of using the asset for one period. $\{c_k\}$. As evident in rental markets, these distinctions exist for computers, automobiles, office equipment and furniture, and so on. In fact, a possible approach to measuring capital inputs would be to compile data on transactions in theses rental markets. However, this approach is rarely pursued since there is no rental market for most assets.

The compositional or quality change of capital inputs is the difference between the growth rates of capital inputs and the simple sum of the capital stock components:

$$(6) \qquad \Delta \ln Q = \Delta \ln K - \Delta \ln A ,$$

where $A = \sum_k A_k$ is the simple sum of capital stock components. In Equation (6), the growth of capital inputs ($\Delta \ln K$) is decomposed into capital accumulation ($\Delta \ln A$) and compositional change. ($\Delta \ln Q$) In terms of individual components, the growth rate of capital quality can be written as:

$$(7) \qquad \Delta \ln Q = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln A_k - \Delta \ln \sum_k A_k .$$

An examination of Equation (7) shows that capital quality remains unchanged if all components of capital stock increase at the same rate. Capital quality increases if the share of the components with relatively higher user costs (e.g., equipment) increases, and it declines if that share decreases.

E.2.2 Estimating Capital Stock and the Cost of Capital Services

The indices of capital inputs are constructed using Equation (5) with data on capital stock and the user cost of capital inputs. We assume that assets follow geometric depreciation patterns and calculate capital stock using the perpetual inventory method (see Appendix C for details on the construction of the capital stock). Capital stock of asset k at the beginning of period t is:

$$(8) \qquad A_k(t) = A_k(t-1)(1-\delta_k) + I_k(t-1) = \sum_{\tau=1}^{\infty}(1-\delta_k)^{\tau-1} I_k(t-\tau),$$

where I_k is real investment of asset type k and δ_k is the depreciation rate.

For an asset with a geometric depreciation pattern, the cost of using the asset over one period or the cost of capital services is (see Jorgenson and Yun, 1991, for details):

$$(9) \qquad c_k = \frac{1-e_k-tz_k}{1-t} P_k \left[(r_k - \pi_k) + (1+\pi_k)\delta_k)\right] + t^p P_k,$$

where t is the combined federal and provincial corporate income tax rate, e_k is the investment tax credit, z_k is the present value of capital cost allowances on one dollar's worth of investment, P_k is the price of new investment good k, r_k is the nominal rate of return on asset type k, $\pi_k = (P_k(t) - P_k(t\text{-}1) / P_k(t)$ is the capital gain for asset k, δ_k is the depreciation rate for asset k, and t^p is the property tax rate.

The user-cost equation (9) reflects the nominal rate of return on assets, the rate of economic depreciation, and capital gains on assets. It also takes into account the effects of taxation, such as corporate income taxes, investment tax credits, and capital consumption allowances on the user cost of capital.

Since there is no investment tax credit, capital consumption allowances, property tax rate, or economic depreciation, the user-cost equation for land and inventories simplifies to:

$$(10) \quad c_k = \left(\frac{r_k - \pi_k}{1-t} + t_p\right) P_k .$$

All parameters in the user-cost equation are available from various sources. The nominal rate of return on an asset can be estimated in two ways. First, it can be estimated from data on returns to debt and equity. This is problematic due to the multiplicity of returns. In this study, we have chosen to estimate the nominal rate of return *ex post* from data on the total value of capital compensation. We assume that the nominal rate of return is the same for all types of assets in an industry. The nominal rate of return on an asset is chosen such that the sum of the values of the capital input components is equal to the total capital compensation:

$$(11) \quad \sum_k c_k A_k = V, \text{ and } r_k = r,$$

where V is total capital compensation.

E.3 Data Sources

THE TWO DATA COMPONENTS used in the construction of capital inputs are capital stock and the cost of capital. Our first task is to construct capital stocks for the five asset types and each industrial sector over the period 1961-98.

The capital stock of depreciable assets (M&E and structures) in the United States was estimated from investment data using geometric depreciation. These U.S. estimates use a 1.65 declining-balance rate for most machinery and equipment, and a 0.9 declining-balance rate for most non-residential structures. Capital stock data published by Statistics Canada are based on a modified double-declining-balance method for both machinery and equipment, and structures. To ensure comparability between Canadian and U.S. capital stock estimates, we obtained an alternative set of capital stock estimates from the Investment and Capital Stock Division of Statistics Canada (see Appendix C). These alternative capital stock estimates have been calculated with the same declining-balance rates as those used in the United States.

These measures will be used in our estimates of capital inputs in Canadian industries. However, for comparison purposes, we also present the results based on capital stocks used in Statistics Canada's productivity estimates.

Inventory stocks are estimated from data in industry balance sheets, national balance sheets, and input-output tables. The industry balance sheets provide data on the book value of inventory stocks at the 1970 three-digit industry classification level for the 1972-87 period. For that period, we set inventory stocks in current prices to their book values. For other years, we have estimated inventory stocks using data on inventory investment from the input-output tables. Since there is no depreciation for inventories, the inventory stock in a year is equal to the stock of the preceding year plus the investment made in the current year. The price deflators of inventory stocks are set to the average of the price deflators of raw materials and final output. Finally, the estimates of inventory stocks are adjusted to the inventory stock of the business sector in national balance sheets.

To estimate land input by industry, we first obtain the nominal value of land in Canada for the 1961-98 period from the National balance sheet accounts. We assume that the quantity of land remains constant and derive its price index. We then remove the real values of farm, residential, and government land from the real value of land in Canada. The remaining non-agricultural, non-government land is allocated across industries. For the 1972-87 period, the allocation is based on the book value of land in the industry balance sheets. For other years, the land value of an industry is extrapolated using the growth of non-residential structures and then adjusted to the national total in National balance sheet accounts.

Our second task is to construct estimates of the user cost by industrial sector for the five asset types over the 1961-98 period.[3] The cost of capital is estimated from data on corporate tax rates, investment tax credit, the present value of capital cost allowances, and economic rates of depreciation.[4] To calculate the combined federal and provincial corporate tax rate of an industry we have taken into account the variation of corporate income tax rates by province, firm size, and the nature of productive activities. First, the corporate income tax rates vary across provinces. While there is only one federal corporate tax rate in all provinces, each province can apply a different corporate income tax rate. Second, Canadian-controlled private corporations (CCPC) are eligible for small business tax reductions. For example, the small business tax rate reduction in 1996 was 16 percent on the first $200,000 of

active business income. Third, since 1973, a tax reduction is offered to corporations engaged in manufacturing and processing. As an example, the manufacturing and processing tax credit after 1994 is 7 percent of federal tax on manufacturing and processing profits that do not qualify for the small business deduction. Table E.1 presents the combined federal and provincial tax rates in 1996 by province, firm size, and type of productive activities.

The average corporate tax rate of an industry is calculated as a weighted-sum of statutory tax rates using appropriate taxable income shares as weights. Data on taxable income by province, firm size and industry are obtained from the industry balance sheets and income statements. From these sources, we have the distribution of taxable income across the ten provinces by industry for the 1961-87 and 1993-96 periods, and the share of small business deduction by industry for the 1974-94 period. The income shares for other years are set to the shares of the nearest year.

To encourage investment, a credit was granted for new production facilities as of 1976. Starting at 5 percent for all industries, the rate was raised to 7 percent in 1979 and regional variations with higher rates were introduced. In 1989, investment tax credits were discontinued except for the Atlantic provinces (Williamson and Lahmer, 1996).

Table E.1

Combined Federal and Provincial Corporate Tax Rate, 1996

Province	General Rate	Small Business Rate	Small Business M&P Rate	M&P Rate
Newfoundland	43.12	18.12	18.12	27.12
Prince Edward Island	44.12	20.62	20.62	37.12
Nova Scotia	45.12	18.12	18.12	38.12
New Brunswick	46.12	20.12	20.12	39.12
Quebec	45.37	18.87	18.87	31.02
Ontario	44.62	22.62	22.62	35.62
Manitoba	46.12	23.12	23.12	39.12
Saskatchewan	46.12	21.12	21.12	39.12
Alberta	44.62	19.12	19.12	36.62
British Columbia	45.62	22.12	22.12	38.62

Source: Williamson and Lahmer, 1996.

For a declining-balance depreciation method, the present value of depreciation allowances in the user-cost equation is (for details, see Dougherty, 1992):

$$(12) \quad z = \alpha / [i(1-t) + \alpha],$$

and the present value of depreciation allowances for a straight-line depreciation is:

$$(13) \quad z = \frac{\mu\alpha[1+i(1-t)]}{i(1-t)}\left(1 - \frac{1}{[1+i(1-t)]^T}\right),$$

where α is the tax-allowable depreciation rate, i is the nominal interest rate on the Government of Canada three-month treasury bills (Cansim matrix 2560, B140007), and T is the lifetime of the asset.

To calculate the present value of capital cost allowances, we take geometric depreciation rates of 5 percent for structures and 20 percent for equipment over the entire period with the following exceptions. First, the straight-line method was used for structures and equipment for the 1961-66 period. During that period, equipment was written off within 2 years ($T = 2$, $\alpha = 0.5$) and structures within 5 years ($T = 5$, $\alpha = 0.2$). Second, before 1981, firms were able to claim a full year's capital cost allowance on an asset in the year it was acquired. After 1981, only one-half of the normal capital cost allowance was written off in the year an asset was acquired, the remainder being depreciated over subsequent years. Third, after 1972, accelerated capital cost allowances were granted for machinery and equipment used in manufacturing and processing (M&P) activities. Equipment for M&P firms was written off within two years during the 1972-81 period and within three years after 1981.

The economic rate of depreciation is set to be the rate implicit in capital stock and investment data. It is equal to gross investment in a year minus net investment in the year, divided by capital stock at the beginning of the year:

$$(14) \quad K(t+1) = K(t)[1-\delta(t)] + I(t), \text{ or } \delta(t) = \frac{I(t) - [K(t+1) - K(t)]}{K(t)}.$$

Business property taxes in the user-cost equation are mainly levied on land and structures, with machinery being free of such taxes. To estimate the property tax rates, we first obtain the property tax base as the nominal values

of land and structures at the P-level of industry aggregation. We then divide the tax base into taxes on production from the input-output tables to get average property tax rates.

E.4 Empirical Results

THIS SECTION PRESENTS THE INDICES OF CAPITAL INPUTS in each industrial sector and the aggregate business sector for the 1961-98 period. The indices of capital inputs are aggregated from five asset types: machinery labour equipment (M&E), building structures, engineering structures, land, and inventories.

Figure E.1 shows the share of fixed reproducible investment by asset type.[5] The share of M&E in real fixed reproducible investment has grown steadily over the period 1961-98. The investment share of equipment almost doubled over that period, from 34 percent in 1961 to 60 percent in 1998. The increase in the share of equipment occurred at the expense of structures. The share of building structures fell from about a quarter of total investment in 1961 to 13 percent in 1998. Similarly, the share of engineering structures fell from about 40 percent to little over a quarter of total investment over that period.

These investment patterns directly determine the composition of the capital stock. The rising share of M&E in total investment leads to an increase in its capital stock share, as shown in Figure E.2. The share of equipment in total capital has experienced the fastest growth. It increased from 13 percent in 1961 to 22 percent in 1998. The structures' share of total capital also increased from 1961 to 1998, while the share of inventories remained virtually unchanged. The land share declined sharply over the period - from 37 percent of total capital stock in 1961 to a little over 10 percent of capital stock in 1998. Land was the largest component of total capital stock in 1961. However, its share had fallen below the capital shares of M&E, non-residential building structures, and engineering structures in 1998. This shift in the composition of capital stock towards short-lived equipment is a major source of the increase in capital quality.

All else being equal, short-lived equipment has a higher depreciation rate and thus a relatively high user-cost. This is evident from Figure E.3, which shows the highest user cost of equipment for almost all years during the 1961-95 period. Land input has the lowest user cost for most of the period. Compared with engineering structures, the user cost of equipment and

building structures declined over the 1961-95 period. The decline in the relative user cost of equipment is mainly attributed to the decline in the price of equipment relative to engineering structures. Figure E.3 also shows that the user cost of capital exhibited large fluctuations over the business cycle.

Figure E.4 shows the indices of capital inputs, capital stock and capital quality in the business sector.[6] The indices of capital services, capital stock, and capital quality all increased over the 1961-98 period. Capital services growth was faster than capital stock growth, partly reflecting the substitution of relatively short-lived and high user-cost equipment for long-lived and low user-cost structures. This shift in the capital stock composition directly lead to an increase in capital quality over the period.

Table E.2 provides a decomposition of capital input growth in the business sector for the period 1961-98 and three sub-periods: 1961-73, 1973-88, and 1988-98. Capital inputs increased at an annual rate of 3.11 percent in the business sector during the 1961-98 period. Of the 3.11 percent growth in capital inputs, capital accumulation contributed 2.63 percentage points while the compositional or quality change contributed 0.48 percentage points.

The slow growth during the 1990s was the most noticeable trend of capital inputs in the business sector. The index of capital inputs increased at 2.21 percent per year over the 1988-98 period, compared to 3.65 percent over the 1961-73 period and 3.28 percent over the 1973-88 period.

We have also constructed indices of capital inputs, capital stock, and capital quality for each industrial sector over the 1961-98 period (see Chapter 3). Our estimates show that capital input growth exceeded capital stock growth and capital quality increased in a majority of industries over that period.

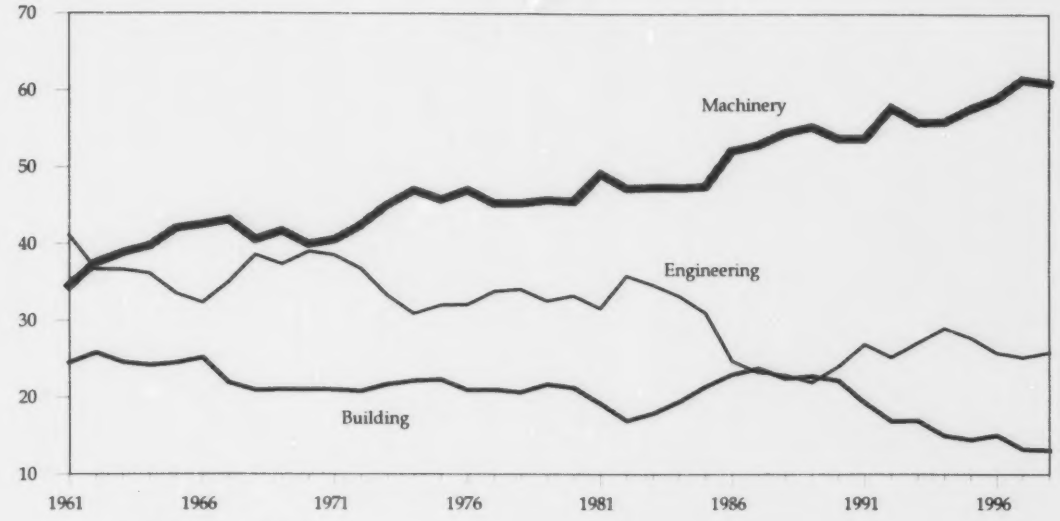
Table E.2

Decomposition of Capital Input Growth in the Business Sector (%)

	1961-98	1961-73	1973-88	1988-98
Growth of Capital Inputs	3.11	3.65	3.28	2.21
Growth of Capital Stock	2.63	2.98	2.85	1.88
Growth of Capital Quality	0.48	0.67	0.43	0.32

Figure E.1

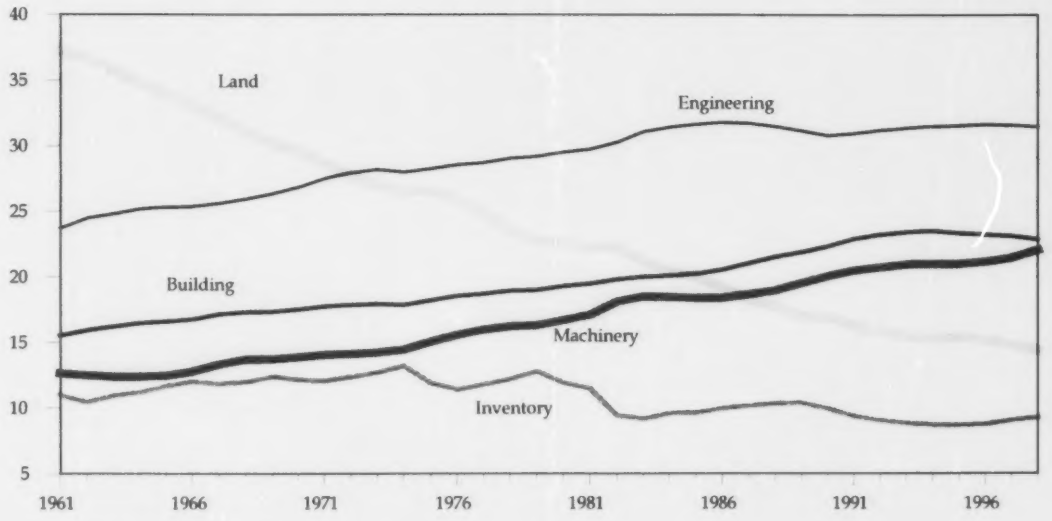
Share of Investment by Asset Type (%)*



* Investment in constant 1992 dollars.

Figure E.2

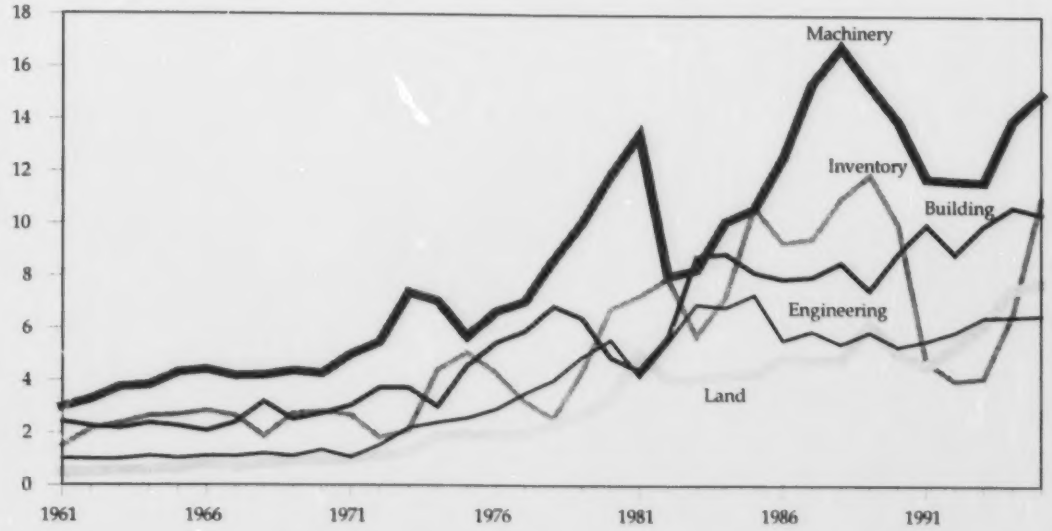
Share of Capital Stock by Asset Type (%)*



* Capital stock in constant 1992 dollars.

Figure E.3

User Cost by Asset Type (%)*



* The user cost is set to 1.0 in 1961 for engineering structures.

Figure E.4

Indices of Capital Inputs, Capital Stock and Capital Quality

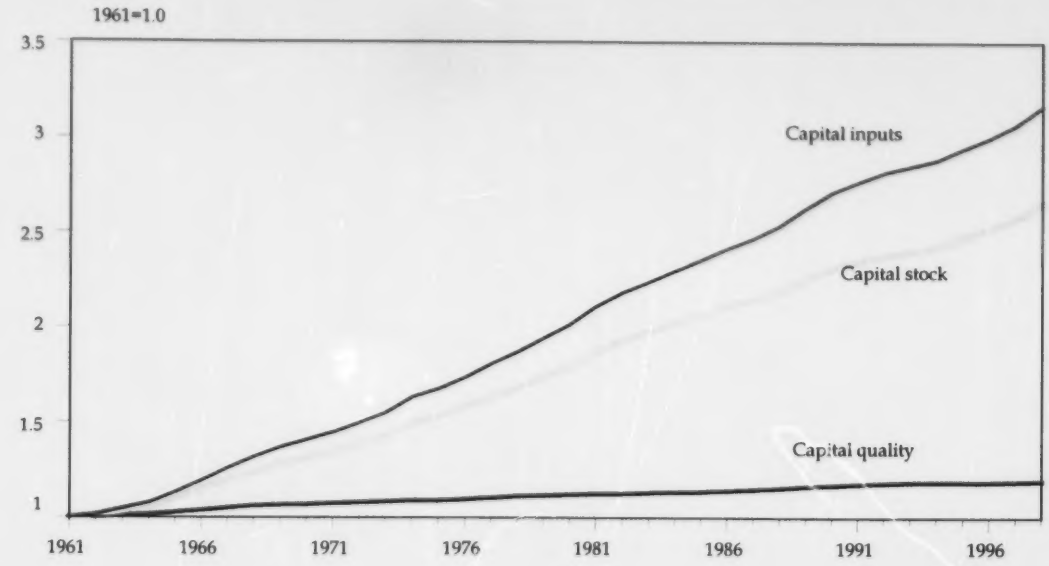


Table E.3
Decomposition of Capital Input Growth in the Business Sector,
Based on Capital Stock Data from Statistics Canada's KLEMS Database (%)

	1961-98	1961-73	1973-88	1988-98
Growth of Capital Inputs	2.71	3.47	2.90	1.52
Growth of Capital Stock	1.85	2.40	1.98	1.01
Growth of Capital Quality	0.86	1.07	0.92	0.52

The capital input measures presented above are constructed from capital stocks estimated using the BEA methodology. M&E capital stock is estimated using a 1.65 declining-balance depreciation rate and structure capital stock is estimated using a 0.91 declining-balance rate. For a comparison, we have also constructed the indices of capital inputs using capital stock data from Statistics Canada's KLEMS database. These capital stocks are estimated using a modified double-declining-balance method (see Appendix C for details). The results are presented in Table E.3. A comparison of Tables E.2 and E.3 shows that capital stock in the KLEMS database grew much more slowly than the capital stock estimated with the U.S. methodology. The growth of capital inputs aggregated from the KLEMS capital stock data was also slower.

E.5 Conclusion

THIS APPENDIX PRESENTS THE METHODOLOGY for estimating the indices of capital inputs and capital quality for each industrial sector and the aggregate business sector over the 1961-98 period. We find that capital inputs, capital stock, and capital quality all increased in the business sector during that period. A decomposition of capital input growth shows that both capital accumulation and the change in composition contributed to the growth of capital inputs in the business sector. The increase in capital inputs and capital quality was pervasive across industries during the 1961-98 period.

A noticeable trend in capital inputs was the slow growth during the 1990s. The annual growth rate of capital inputs in the 1990s was slower than during the preceding three decades by over a full percentage point. This occurred despite the dramatic increase in investments in information and communications technology in the 1990s.

Notes

1 But it was not until 1993 that the BLS developed analogous measures of labour input that incorporate characteristics of workers such as age, sex, and education.

2 A distinction is sometime made between the user cost of capital and the rental price of capital (Jorgenson and Yun, 1991). c_i in Equation (3) is usually called the rental price of capital services and it measures the unit cost of using a capital good for a specified period of time. The cost of capital is defined as the rental price of capital services divided by the price of acquisition of a capital good. The cost of capital therefore transforms the acquisition price of capital good into rental price. In this paper, we will use the rental price and the user cost of capital interchangeably. They both measure the unit cost of using a capital good for a specified period of time.

3 There were no estimates of sectoral capital compensation after 1995 at the time of this study. The cost of capital over the 1996-98 period is assumed to be the same as in 1995 for the purpose of constructing the capital inputs.

4 The cost of capital in this study does not include every provision in the corporate tax system that could have an impact on the cost of using capital services in one specified period. For example, the estimates of the user cost do not take into account the special treatment of banks and insurance companies, the provisions for intangible exploration and drilling costs, and depletion allowances in resource extraction industries. To the extent these special tax treatments have the same proportional effect on the cost of using all types of assets within a given industry, they will not affect the indices of capital services and capital quality for that industry.

5 Real land stock is assumed to be constant in the aggregate business sector and there is no investment in land. Inventory investment is very sensitive to cyclical fluctuations. Therefore, we only present the composition of fixed reproducible investment.

6 For the purpose of constructing the capital inputs, the user cost of an asset over the 1996-98 period is assumed to be the same as in 1995.

Appendix F:
The Changing Composition of the Canadian Workforce, 1961-95

Wulong Gu and Jean-Pierre Maynard

F.1 Introduction

THIS APPENDIX PRESENTS THE METHODOLOGY for estimating labour inputs in the aggregate business sector and each industrial sector over the 1961-95 period. Unlike the simple measure of hours worked, the labour input measure in this study takes into account the compositional or quality change of the workforce (relatively more educated and older workers). The estimates incorporate individual data from the Census of Population. They also use data from the annual Survey of Consumer Finance (SCF) and the monthly Labour Force Survey (LFS).

Hours of work (or employment) would be a valid measure of labour inputs for productivity analysis if workers were homogeneous. However, they differ by sex, age, education, and class of employment (paid vs. self-employed) and their composition changes over time. But the number of hours worked is relatively easy to estimate and is used extensively in productivity analysis. Statistics Canada uses hours worked in productivity estimates at the detailed industry level (Statistics Canada, 1994b). As another example, until the publication of the Bureau of Labor Statistics (BLS, 1993) study on labour composition in the United States, all official productivity estimates made by that agency used hours of work as a measure of labour inputs.

Jorgenson, Gollop and Fraumeni (1987) constructed labour input data for 51 industries and the aggregate civilian U.S. economy over the 1947-79 period. Their measure takes into account the compositional changes of workers by age, sex, education, class of employment, and occupation. Ho and Jorgenson (1999) extended the analysis and estimated labour inputs in the U.S. civilian economy over 1948-95 period. The BLS (1993) estimated labour inputs in the U.S. private business sector, incorporating demographic changes in the workforce such as the rising educational attainment, the baby boom and baby bust, and the rising female labour force participation.

The aggregate labour input was also constructed for Canada by Dougherty (1992), and Jorgenson and Yip (1999). The indices of labour inputs in Dougherty

(1992) were aggregated from data on workers by educational attainment and employment class. Jorgenson and Yip (1999) extended the analysis and constructed labour inputs for the Canadian economy over the 1960-95 period.

Section F.2 below presents the methodology for constructing labour input indices. The data sources used in constructing labour inputs are described in Section F.3, along with the methodology for generating annual time series of hours worked and labour compensation, cross-classified by sex, age, education, class, and industry of employment. Section F.4 presents the estimates of labour inputs and examines the contribution to the composition of labour of demographic changes such as rising educational attainment, the baby boom and baby bust, and rising female labour force participation. Section F.5 concludes.

F.2 Methodology for Constructing Indices of Labour Inputs[1]

THE INDICES OF LABOUR INPUTS are constructed from data on hours of work and labour compensation per hour by worker type. To construct an index of labour inputs, we assume that the aggregate labour input (L) can be expressed as a translog function of its individual components. The growth rate of the aggregate labour input is therefore a weighted average of the growth rates of its components $\{L_I\}$:

$$(1) \qquad \Delta \ln L = \sum_I \bar{v}_I \Delta \ln L_I ,$$

where Δ denotes a first difference, or change between two consecutive periods, for example:

$$(2) \qquad \Delta \ln L = \ln L(t) - \ln L(t-1) .$$

The weights are given by the average share of the components in the value of labour compensation:

$$(3) \qquad \bar{v}_I = \frac{1}{2}\left[v_I(t) + v_I(t-1)\right], \quad v_I = \frac{p_I^L L_I}{\sum_I p_I^L L_I} ,$$

where $\{p_I^L\}$ is the hourly compensation of all types of workers. At market equilibrium, the hourly compensation of a worker is equal to its marginal

product. Therefore, aggregating labour inputs by means of compensation rates effectively accounts for the differences in the productive contribution of various types of workers.

For each type of workers, we assume that labour input $\{L_l\}$ is proportional to hours worked $\{H_l\}$:

$$(4) \qquad L_l(t) = Q_l H_l(t),$$

where the constants of proportionality $\{Q_l\}$ transform hours worked into flows of labour services.

Using Equation (4), we can rewrite Equation (1) and express the growth rate of labour inputs in terms of the components of hours worked $\{H_l\}$:

$$(5) \qquad \Delta \ln L = \sum_l \bar{v}_l \Delta \ln L_l = \sum_l \bar{v}_l \Delta \ln H_l \cdot$$

The compositional or quality change of labour inputs is defined as the difference between the growth of labour inputs and the unweighted sum of hours worked:

$$(6) \qquad \Delta \ln Q^L = \Delta \ln L - \Delta \ln H,$$

where $H = \sum_l H_l$ is the unweighted sum of hours worked. This quality index measures the contribution to labour inputs from substitution among its components. In terms of its components, the growth rate of labour quality can be written as:

$$(7) \qquad \Delta \ln Q^L = \sum_l \bar{v}_l \Delta H_l - \Delta \ln H \cdot$$

An examination of Equation (7) shows that labour quality remains unchanged if all components of hours worked grow at the same rate. Labour quality increases if the share of workers with relatively higher earnings (more educated and older workers) increases. Labour quality falls if the share of those workers declines.

To identify the contribution to labour inputs from worker characteristics such as gender, age, education, and employment class separately, we construct the partial indices of labour inputs corresponding to these worker characteristics. For this purpose, we denote H_{saec} the components of hours worked, classified by sex s, age a, education e, and employment class c. We also consider shares of these components in the value of labour compensation v_{saec}. A partial index of labour inputs corresponding to, for example, sex, is defined as follows:

$$(8) \quad \Delta \ln L^{sex} = \sum_s \bar{v}_s \Delta \ln H_s ,$$

$$= \sum_s \bar{v}_s \Delta \ln \left(\sum_a \sum_e \sum_c H_{saec} \right),$$

where:

$$\bar{v}_s = \frac{1}{2}\left[v_s(t) + v_s(t-1)\right],$$

$$v_s = \sum_a \sum_e \sum_c v_{saec} .$$

The partial index of labour inputs corresponding to sex captures substitution between the two sexes alone. Similarly, the partial labour input indices for age, education or employment class measure substitution between age groups, educational attainment levels, or employment classes.

The growth rate of the partial labour quality index is the difference between the growth rates of the partial labour input index and hours worked. These partial quality indices measure the contribution to labour quality from gender, age, education, and employment class separately.

F.3 Data Sources and Data Construction

THE TWO DATA COMPONENTS for the construction of labour inputs are the matrices of annual hours worked and annual worker earnings. To ensure the comparability of labour input measures between Canada and the United States, we employed a classification scheme similar to the one used for the United States by Ho and Jorgenson (1999). We have 2 sexes, 7 age groups, 4 educational levels, and 3 classes of employment, as shown in Table F.1. Thus, the classification involves a total of 2 x 7 x 4 x 3 = 168 types of workers and 123 industries in the business sector.

Table F.1

Classification of the Canadian Workforce

Worker Characteristics	Number of Categories	Description
Sex	2	Male; Female
Employment Class	3	Paid Employees; Self-employed; Unpaid Family Workers
Age	7	15-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Education	4	0-8 Years of Grade School; Some or Completed High School; Some or Completed Post-secondary; University or Above

The task is to generate annual estimates of hours worked and worker earnings for the 20,664 cells of the cross-classification between 168 worker types and 123 industrial sectors over the 1961-95 period. The main features of our methodology are as follows. The methodology begins with the Census of Population for 1961, 1971, 1981, 1986, 1991, and 1996. We use the Census micro-data files to construct the benchmark matrices of annual hours worked and earnings for the Census reference years (the year prior to the Census).[2] We then employ data from the Labour Force Survey (LFS) and the Survey of Consumer Finance to estimate the hours and earnings matrices for years between the Census benchmarks. For this purpose, we employ the method of iterative proportional fitting (for details, see Jorgenson, Gollop and Fraumeni, 1987). A weighted average of the two neighbouring benchmark matrices is used to initialize the method of proportional fitting. The data on annual hours worked and earnings from the LFS and SCF are used to control the marginal distribution of hours worked and worker earnings by sex, age, education, and employment class. All matrices of hours worked and worker earnings are then adjusted to annual hours worked and earnings by industry and class of employment in Statistics Canada's productivity account.

F.3.1 Matrices of Annual Hours Worked

F.3.1.1 Benchmark Matrices from the Census

The Census provides benchmark matrices of annual hours worked for the Census reference years 1960, 1970, 1980, 1985, 1990, and 1995. For each member of the household surveyed, the Census micro-data files provide data on sex, age, education, industry and class of employment, and hours worked

during the week prior to the Census (reference week). The files also provide data on weeks worked and income from paid employment and self-employment during the year prior to the Census (reference year). Using these Census micro-data files, we have constructed matrices of annual hours worked for the 20,664 cells of the cross-classification between 168 worker types and 123 industrial sectors. Annual hours worked for an employed person during a reference year is calculated as the number of weeks worked in the reference year multiplied by the number of hours worked in the reference week.[3]

As of the 1981 Census, self-employed workers were subdivided into those with and those without an incorporated business. We include in the paid-employment category both paid workers and self-employed workers with an incorporated business. The self-employment category only includes those who have not incorporated their business.

In the 1971 Census, a person was simply asked whether he or she was self-employed or a paid employee. No distinction was made between the self-employed who incorporated their business and those who did not. However, a distinction was made between self-employment income from an unincorporated business and the income from an incorporated business. The income received from an unincorporated business was reported as self-employment income, while the income received from an incorporated business was reported as wages and salaries. We have used that distinction to reclassify a worker between paid employment and self-employment. A worker was classified as a paid worker if his wage and salary income exceeded his self-employment income. On the other hand, a worker was classified as self-employed if his self-employment income was greater than his wage and salary income.

The class of employment in the Census refers to whether the worker is a paid, self-employed, or unpaid family worker in the reference week. However, a worker's employment status in the reference week does not necessarily reflect his status in the reference year. We have thus reclassified a worker between paid employment and self-employment by comparing his paid employment and self-employment income in the reference year.

Micro-data files are not available for the 1961 Census. But existing publications on the 1961 Census provide us with considerable detailed information on one-way, two-way, and sometimes three-way tabulations of employment including: (1) number of paid workers by gender and industry; (2) number of

workers by sex, age, education, and employment status; (3) number of workers by sex, age, and employment status; (4) number of workers by sex, age and industry; and (5) number of workers with university education and number of workers with post-secondary education. We have used these cross-tabulations to generate the full employment matrix – six-way tabulations of employment by sex, age, education, and class and industry of employment. The value of each cell in the 1961 employment matrix is first initialized at its value in 1970. All available cross-classifications for 1961 are then used in the method of iterative proportional fitting to control the distribution of employment among cells. To obtain the hours worked matrix for 1961, we multiply the estimated employment in 1961 by the average annual hours of work in 1970 for each type of worker.

F.3.1.2 Estimating Hours Worked Matrices in the Inter-censual Years from the LFS

For the 1976-95 period, we used micro-data files from the LFS to obtain one-way tabulations of annual hours worked by sex, age, education and employment class. These tabulations are then used as control marginals in the method of iterative fitting to estimate the hours worked matrices between the censuses for that period. For the 1961-75 period, we estimate the hours worked matrix as a weighted average of the two neighbouring hours worked matrices and then adjust the resulting matrix to hours worked by industry and class of employment in Statistics Canada's productivity account.

The monthly LFS provides data for each worker type on usual hours worked, sex, age, education, and employment class during the reference week (usually the week containing the 15th day of the month). For each worker type, annual hours worked is calculated as the average weekly hours worked in a year times the number of working weeks in a year (which is set at 52 weeks). For multiple jobholders, hours worked on the second job are aggregated to the employment class of the second job.

In January 1990, the LFS revised the questions used to measure the educational attainment of respondents. From 1976 to 1989, education reflected the number of years of primary and secondary education completed. Post-secondary education was limited to education that normally requires high-school graduation. Since January 1990, education reflects the highest grade completed. Post-secondary education now includes any education that could be counted towards a degree, certificate or diploma from an educational institution.

The high-school graduation requirement is dropped in this new definition of post-secondary education. These changes in the questions on educational attainment caused a reallocation of respondents from secondary to post-secondary education in 1990, which is evident in Figure F.3.

F.3.2 Matrices of Annual Worker Earnings

F.3.2.1 Benchmark Matrices from the Census

To construct time series on annual worker earnings by worker type, we again proceed in two steps. First, we construct benchmark matrices of worker earnings for the Census reference years. We then employ earnings data from the SCF to estimate matrices of annual worker earnings between censuses.

The Census provides data on wage and salary income of paid workers.[4] Supplementary income such as employers' contribution to pension plans and unemployment insurance is not included in the wage and salary income. But it should be included in labour compensation since it reflects the cost of labour inputs from the viewpoint of an employer. To address the issue, we have adjusted the earnings matrices from the Census to total sectoral compensation of paid workers in Statistics Canada's productivity account. Essentially, we distribute the sectoral compensation among types of paid workers in proportion to their wage and salary income.

A second issue relates to the estimation of earnings of self-employed workers. Self-employment income as reported in the Census includes both labour and property income. But self-employment earnings should only include labour income. To estimate earnings from self-employment, we made two adjustments to self-employment income as reported in the Census. First, self-employment income is set to zero for those workers who reported negative self-employment income. A negative self-employment income is almost surely attributed to the use of capital. Second, Statistics Canada imputed earnings of self-employed workers in an industry on the basis that the hourly earnings is the same between paid and self-employed workers. We have used these sectoral earnings from self-employment to adjust the earnings matrices.

A third issue is the treatment of unpaid family workers. Unpaid family workers are persons who work without pay on a farm or in a business or professional practice owned and operated by another family member. In this

study, we set earnings of unpaid family workers to zero.[5] To the extent that unpaid family workers contribute to industry output, our measure of labour inputs is underestimated. But any bias is likely to be negligible since the share of unpaid family workers in total employment is very small.

Due to the absence of micro-data files in the 1961 Census, we used the method of iterative fitting to estimate the earnings matrix for 1961. We first multiply the hourly earnings of a worker in 1970 by his annual hours of work in 1961. The resulting matrix is used to initialize our method of iterative fitting. The control marginals for the method of iterative fitting include annual income by industry for male and female paid workers and annual income by sex, age and education.

F.3.2.2 Estimating Earnings Matrices in Inter-censual Years from the SCF

For the 1976-95 period, we used earnings data from the SCF to estimate the earnings matrices between censuses. First, we estimated from the SCF micro-data files hourly earnings by gender, age, education, and employment status. The earnings per hour was then multiplied by hours worked from the LFS to obtain one-way tabulation of annual earnings by gender, age, education, and employment status. These one-way tabulations are used as control marginals in our method of iterative fitting to estimate the earnings matrices between the Census benchmarks.[6] For the 1961-75 period, we calculated the earnings matrix as a weighted average of the two neighbouring earnings matrices and then adjusted the resulting matrix to total sectoral compensation.

F.4 Empirical Results

IN THIS SECTION, WE PRESENT THE INDICES OF LABOUR INPUTS over the 1961-95 period. These indices are aggregated from data on 168 types of workers by gender, age, education, and employment class.

F.4.1 Trends in Hours Worked

The change in the composition of hours worked contributes either positively or negatively to labour inputs. The compositional change contributes positively to labour inputs if there is an increase in the share of workers with relatively higher earnings, such as relatively more educated workers, workers of

prime working age, paid relative to self-employed workers, or male relative to female workers.

Figure F.1 shows that the share of hours worked represented by men declined steadily over the 1961-95 period in the business sector. The share of women almost doubled during that period – from about 20 percent in 1961 to about 40 percent in 1995 .

Figure F.2 presents the share of total hours worked by age group from 1961 to 1995. For the 1961-80 period, the share of hours worked represented by young workers aged 15-24 showed a steady increase as the baby boomers entered the workforce. The share of the prime working age group (35-54) declined from 45 to 35 percent during that period. However, the trend reversed in the early 1980s as the baby boomers reached their prime working age. During the 1980-95 period, the share of the 15-24 age group declined sharply, from 24 to 13 percent. The share of the prime working age group increased from 37 to 50 percent during the same period. These shifts in the age composition of hours worked are the major determinant of labour quality change in the business sector.

Figure F.3 shows the share of hours worked by education level in the aggregate business sector. The share of workers with post-secondary education or above shows a more than fivefold increase, from 9 percent in 1961 to 57 percent in 1995. The rising educational attainment is the ongoing source of the increase in the quality of the Canadian workforce. The change in the definition of education introduced in the LFS in 1990 resulted in a noticeable re-allocation of hours worked from secondary to post-secondary education.

The share of hours worked by paid workers is presented in Figure F.4. The share of paid workers increased steadily from 1961 to the late 80s. The increase was particularly strong before the mid-70s. After the late 80s, the share of paid workers declined and the share of self-employed workers increased.

Figure F.1
Share of Hours Worked by Male Workers in the Business Sector (%)

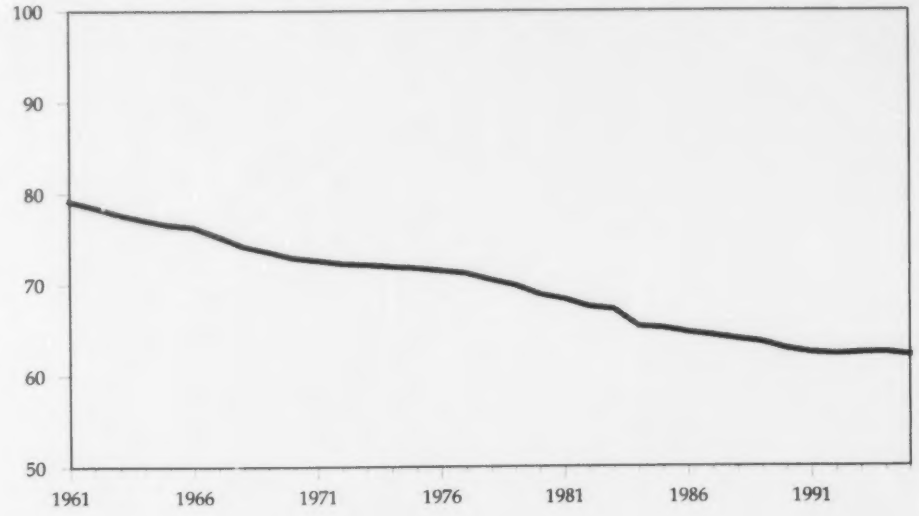


Figure F.2
Share of Hours Worked by Age Group in the Business Sector (%)

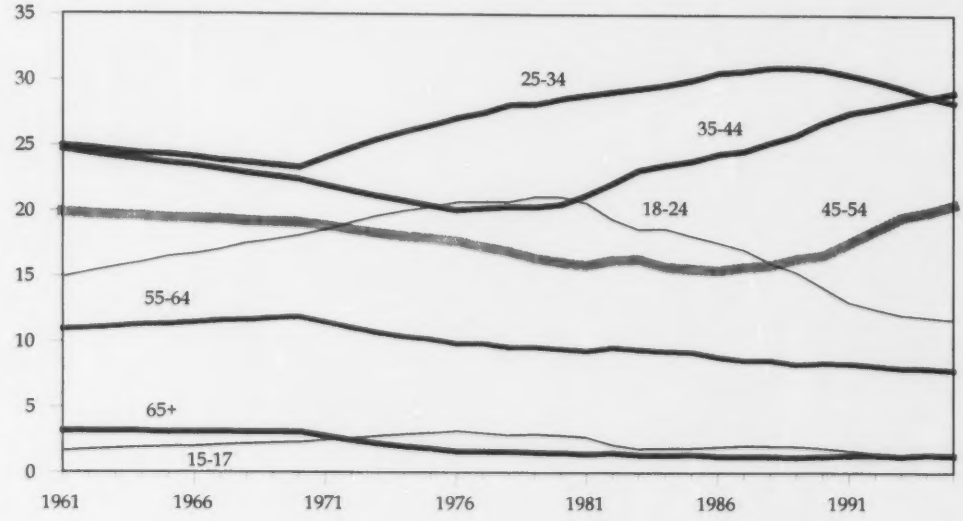


Figure F.3
Share of Hours Worked by Educational Attainment in the Business Sector (%)

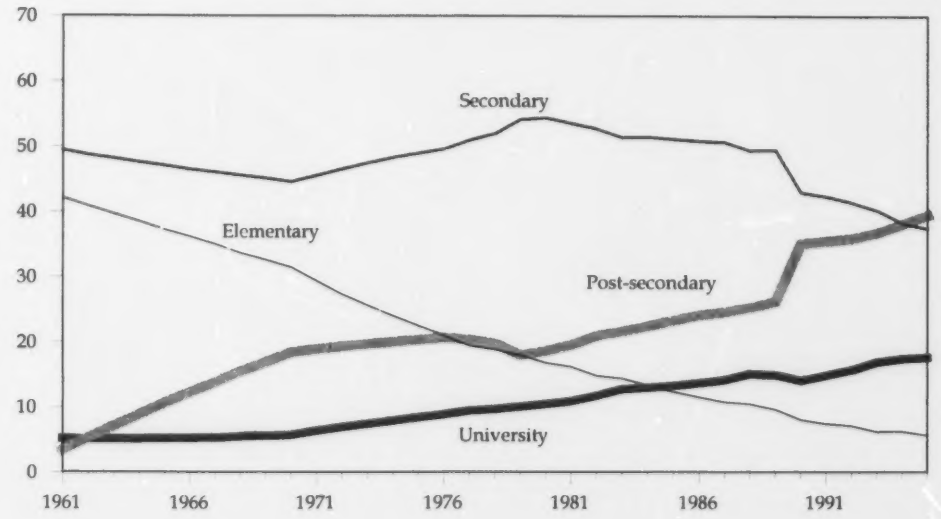
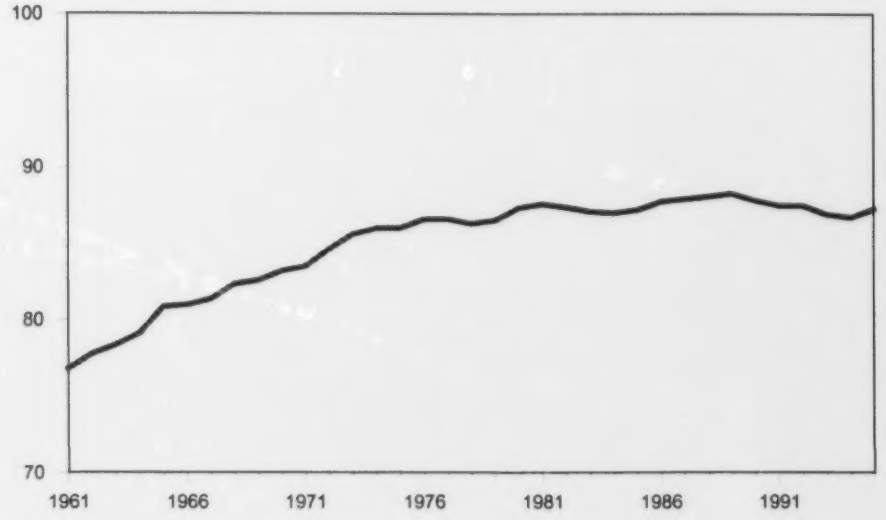


Figure F.4
Share of Hours Worked by Paid Workers in the Business Sector (%)



F.4.2 Indices of Labour Inputs and Labour Quality

Table F.2 presents the growth rates of labour inputs, labour quality and hours worked in the business sector for the 1961-95 period and three sub-periods: 1961-73, 1973-85 and 1985-95 (also shown in Figure F.5). For the 1961-95 period, the annual growth rate of labour quality was 0.61 percent. It accounted for a quarter of the growth in labour inputs over that period. The annual growth in labour quality was highest over the 1961-73 period (0.86 percent), accounting for about 30 percent of the growth in labour inputs. The growth of labour quality slowed down during the 1973-85 period (0.37 percent), and then recovered in the 1985-95 period (0.59 percent).

Table F.2
Average Annual Growth Rate of Labour Inputs and Labour Quality in the Business Sector (%)

	1961-95	1961-73	1973-85	1985-95
Growth of Labour Inputs	2.47	3.08	2.15	2.11
Growth of Hours Worked	1.86	2.22	1.78	1.51
Growth of Labour Quality	0.61	0.86	0.37	0.59
First-order Quality Indices				
Sex	-0.15	-0.22	-0.15	-0.07
Age	0.04	-0.15	0.04	0.25
Education	0.53	0.86	0.33	0.36
Class of Employment	0.15	0.27	0.13	0.04

Table F.2 also presents the growth in the first-order contributions to labour quality by gender, age, education and employment class (also shown in Figure F.6). As a result of the rising educational attainment of the workforce, the education contribution had an average annual growth of 0.53 percent from 1961 to 1995. The contribution of employment class was positive for most of the period as the share of paid workers increased. But that contribution declined sharply after the mid-1980s as the growth of self-employed increased. The increasing share of female workers contributed to a decline of 0.15 percent per year in labour input over the period.[7] The contribution of age was positive and amounted to 0.04 percent for the 1961-95 period. However, it was negative for the 1961-73 period as young workers from the postwar baby boom entered the workforce. After the mid-1980s, as the baby boomers entered their prime working age, the age contribution increased.

Figure F.5
Indices of Labour Inputs, Labour Quality and Hours Worked in the Business Sector

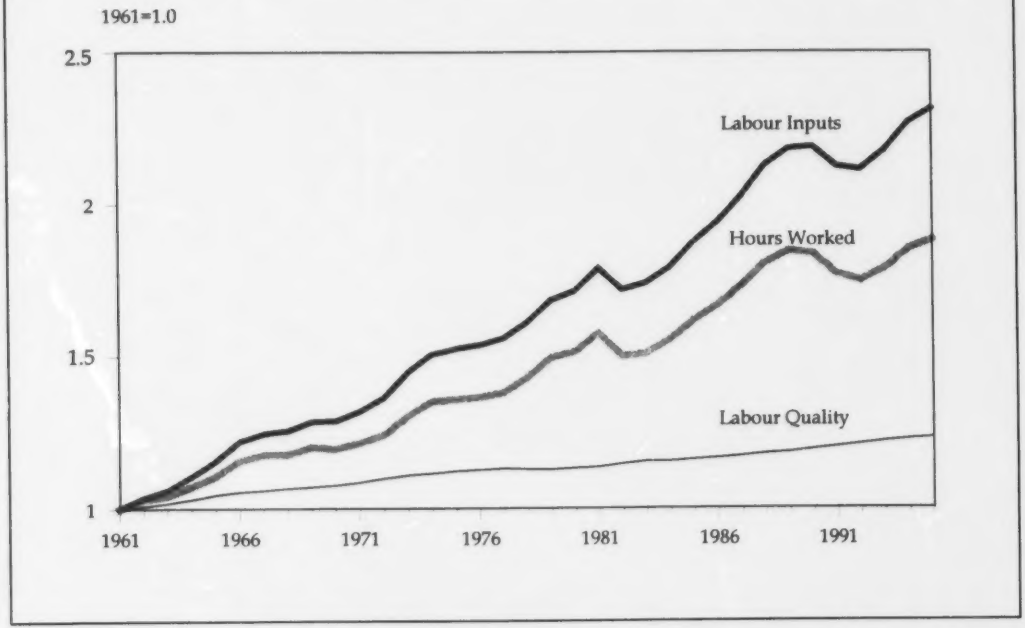
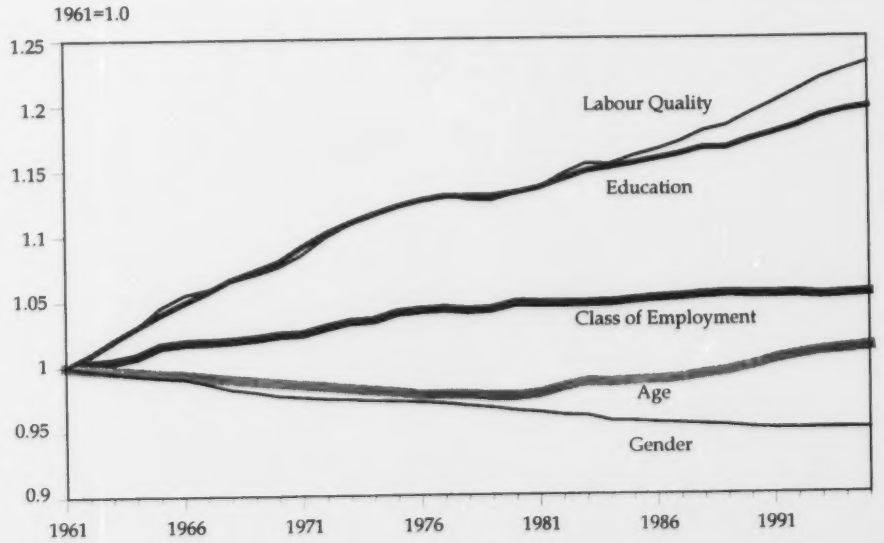


Figure F.6
First-order Indices of Labour Quality in the Business Sector



Nearly all of the trend in labour quality improvement over the 1961-95 period can be attributed to the increase in the level of educational attainment. However, this is a consequence of offsetting trends in gender, age, and employment class. The slowdown in the growth of labour quality over the 1973-85 period was primarily due to the entry of young and less-educated workers in the workforce.

We have also constructed labour input, hours worked, and labour quality measures for each of the 123 industrial sectors over the 1961-95 period. The results show that labour quality increased in almost all industries over this period.

F.5 Conclusion

THIS APPENDIX PRESENTS THE METHODOLOGY for constructing the composition-adjusted labour input measures for Canada. Over the 1961-95 period, the compositional or quality change contributed 0.61 percentage points or a quarter of the labour input growth in the business sector. The growth of labour quality was highest in the 1961-73 period (0.86 percent per year), accounting for about 30 percent of the growth in labour inputs. The 1973-85 period witnessed a slow growth in labour quality, primarily a result of the entry of baby boomers in the workforce. After the mid-1980s, the growth of labour quality increased as baby boomers reached their prime working age.

The share of more educated workers showed a steady increase from 1961 to 1995. This shift towards relatively more-educated workers contributed to the increase in the labour inputs in the business sector at a rate of 0.53 percent per year from 1961 to 1995. The rise in educational attainment explains almost all the trend in labour quality over that period. However, as indicated earlier, this is a consequence of offsetting trends in contributions from gender, age, and employment class.

Notes

1 This section follows Ho and Jorgenson (1999).

2 The micro-data files for the 1961 Census are not available. However, very detailed information on employment and earnings cross-classified by one, two, and three characteristics of labour inputs are published by Statistics Canada. We thus employed the method of iterative proportional fitting to estimate the matrices of hours worked and compensation for 1961.

3 The number of hours worked is set at 75 for a worker who reported more than 75 hours of work during the reference week.

4 Consistent with our definition of paid employees that includes self-employed workers with an incorporated business, income received from businesses which have corporate status is reported as wages and salaries income.

5 Ho and Jorgenson (1999) assumed that unpaid family workers and self-employed workers are in the same employment class.

6 The annual Survey of Consumer Finance is not used for estimating hourly earnings for the 1971-75 period since the corresponding micro-data files from the Labour Force Survey, used to estimate hours by worker characteristics, are not available.

7 This is partly due to the fact that women are traditionally concentrated in low paying industries and low paying occupations.

Appendix G:
Net Capital Stock Estimates and Depreciation Profiles for Canada: A Comparison Between Existing Series and a Test Series Using the BEA Methodology for the United States[1]

Peter Koumanakos, Richard Landry, Kuen Huang and Susanna Wood

G.1 Introduction[2]

CAPITAL STOCKS ARE REPRODUCIBLE TANGIBLE ASSETS used as factors of production in combination with other factor inputs such as labour, energy and other natural resources or materials. The stock of capital consists of building construction (such as plants and offices), engineering construction (such as roads and dams), and machinery and equipment used in the production process. These are distinguished from non-reproducible assets such as land, mineral deposits and natural resources, which are not produced but are directly incorporated in the production of other commodities.

Although capital stocks by industry can be measured in a variety of ways such as surveys of physical stock or book values, the method traditionally used by Statistics Canada is the perpetual inventory method. This method, which is a flexible way to develop time series of capital stocks, accumulates investment expenditures by industry to obtain estimates of capital stock in any particular year. It requires information on the value of investment, price indices for capital goods, service lives, and methods of depreciation.

The essence of the perpetual inventory method is to add each year's gross investment (gross fixed capital formation) to the capital stock of the previous year. If the value of assets which cease to exist each year is subtracted from this accumulated investment, then a gross measure of the capital stock is obtained. If yearly deductions for depreciation are made, then a net measure of the capital stock is the result.

Section G.2, Current Methodology, describes the methodology underlying the current measures of capital stock. Section G.3, BEA-type Geometric Depreciation Methodology, describes another set of measures more in line with the latest measures of capital stock being produced in the United States' Bureau of

Economic Analysis (BEA).[3] Section G.4 compares the results of the two different geometric methodologies and Section C.5 concludes.

G.2 Current Methodology

STATISTICS CANADA PROVIDES ESTIMATES of gross and net capital stocks for broad categories of assets and industries.

G.2.1 Gross Stocks and Retirements

The gross stock is an accumulation of past gross investment with yearly deductions (called retirements or discards) of the value of assets which cease to exist in that year. Thus, this measure of the capital stock assumes that the efficiency of the capital asset remains the same over its entire service life. The retirement pattern is a bell-shaped distribution which has been truncated so that all retirements occur between 50 percent and 150 percent of the mean useful life. The asset lives used are derived from the Capital and Repair Expenditures Survey.[4]

Table G.1
Truncated Normal Retirement Distribution Applied to a Cohort of Assets Worth $100,000 with a Mean Service Life of 10 Years

Sub-cohort	Length of Life of Sub-cohort	Fraction of Cohort	Value in Dollars of Sub-cohort
1	5	0.0032	320
2	6	0.0314	3,140
3	7	0.0762	7,620
4	8	0.1273	12,730
5	9	0.1692	16,920
6	10	0.1854	18,540
7	11	0.1692	16,920
8	12	0.1273	12,730
9	13	0.0762	7,620
10	14	0.0314	3,140
11	15	0.0032	320
Total		1.0000	100,000

The assets which the investment of a given year represents are described as a cohort of assets. If the mean service life of a cohort of assets is 10 years, then when the truncated normal retirement distribution is applied, there are 11 sub-cohorts each with its own service life. Table G.1 above shows the division into sub-cohorts of a cohort of assets with a value of $100,000 when purchased and with a mean useful life of 10 years.

G.2.2 Net Stocks and Depreciation

The net stock concept attempts to measure the productive capacity of the capital stock. This means that in addition to assembling data on investment flows, price indices and asset lives, the analyst must make assumptions about the pattern of aging and loss of efficiency of the assets and incorporate them into the perpetual inventory method in the form of depreciation. The estimates of net stocks are derived from the gross by making yearly deductions for depreciation. Various methods can be used to measure the deterioration of assets making up the capital stock. Three sets of depreciation and net stock estimates are produced by using the straight-line form, the double-declining balance form and the hyperbolic or "delayed" form of depreciation. Following is a brief comparison of the methods used to produce the current measures and the relationships between them.

Probably the most familiar model of depreciation is the straight-line method in which equal dollar amounts are deducted from the stock every year. The amount of straight-line depreciation (SL) is given by $x = 1,2,3,\ldots,L$:

$$d_{x,SL} = \frac{1}{L},$$

$$x = 1,2,3\ldots,L,$$

where L is the number of years over which the asset is depreciated and x is the age of the asset.

In the linear form, all of the asset's value has disappeared from the capital stock by the end of the asset's service life. When the truncated normal retirement pattern is applied to straight-line depreciation, the effect is to produce an accelerated rate of depreciation (see Table G.2a).

The geometric rate of depreciation is one type of accelerated depreciation. The term "accelerated" is used because the dollar amounts of depreciation deducted are highest in the earlier years of the asset's life and become progressively smaller with each year of the asset's life.

With the geometric form (*G*), the declining-balance rate is the same every year:

$$\delta_G = \frac{R}{L},$$

where R is the rate relative to the straight-line rate of 1. Thus the double-declining-balance rate is $2/L$. The higher the value of R, the more accelerated the rate, i.e. the higher the dollar values deducted in the earlier years.

The depreciation for 1 dollar of investment using the geometric pattern is:

$$d_{x,G} = \delta_G(1-\delta_G)^{x-1}$$

$$x = 1,2,3\ldots,L.$$

The current measures also include a pattern called hyperbolic or delayed depreciation:

$$d_{x,D} = \frac{L-(x-1)}{L-\beta(x-1)} - \frac{L-x}{L-\beta x},$$

which has the following form:

$$x = 1,2,3\ldots,L.$$

where β is a curvature parameter.

This form can help in understanding the relationships between the other forms. When the parameter β is equal to zero, the beta-decay form is reduced to straight-line depreciation. When β is equal to 1, the result is the gross stock concept where depreciation is zero for every year of the asset's life except the last, when it is 100 percent. For values of β between 0 and 1, the graphical representation of the depreciation is concave to the origin, i.e. it is bowed outwards. This means that depreciation is lower in the early years of the asset's life and increases as the asset ages. This "delay" in the depreciation increases the closer β is to 1. When β is negative, the result is an accelerated form of

depreciation. As β becomes a very large negative value, the curve approaches a pattern in which all the depreciation occurs in the first year of the asset's life and is zero for all other years i.e. it is the mirror image of the extreme when β is equal to 1. Figure G.1 illustrates the effect of β on this pattern of depreciation of an asset with a service life of 10 years.

In the current delayed depreciation measures, the value of β is equal to 0.75 for structures and 0.5 for machinery and equipment.

For all three of these depreciation patterns, to calculate the depreciation for an entire investment cohort, each sub-cohort must be depreciated according to its own rate. For example, if the straight-line form of depreciation is used, the first sub-cohort will be depreciated at a rate of 1/5 or 20 percent per year ($64 in the above example) for 5 years. Similarly, the second sub-cohort will be depreciated at a rate of 1/6 or 16.67 percent ($523) for 6 years and so on until the 11th sub-cohort, for which the depreciation will be 1/15 or 6.67 percent ($21) for 15 years. The following tables illustrate the combined effects of the truncated normal retirement pattern with each of the three depreciation patterns: straight line (Table G.2a), geometric (Table G.2b) and delayed (Table G.2c). As before, the value of the cohort is assumed to be $100,000 and the average useful life to be 10 years.

G.2.3 Geometric Depreciation in the Current Measures

Since the geometric pattern of depreciation is infinite, some further explanation is necessary in order to understand the geometric rates of depreciation presented in Table G.2b.

Column 2 in the table below shows the first 20 years of the geometric distribution for a sub-cohort of assets with a service life of 10 years (i.e. the rate, δ, is 2/10). When the cut-off point is at age 10, the depreciation function is adjusted so that the area under the truncated distribution is 1 and the depreciation is zero from age 11 onwards (i.e. the assets in the sub-cohort are fully depreciated by the end of their service life). This is accomplished in two steps. First the original distribution is moved downwards by the amount of depreciation at age 11 (giving column 3 in the table). The total value of this new distribution is then adjusted proportionally to give the values in column 4. For example, 0.178525 divided by 0.677877 gives 0.263359. The accompanying graph shows the two distributions. The area redistributed is the area on the graph bounded by the heavy line.

Table G.2a

Truncated Normal Retirement Pattern and Straight-line Depreciation Pattern

Sub-cohort	Life		Percentage Reduction by Age														Weight from Retirement Fraction
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	5	Depreciation	20	20	20	20	20											0.0032
		Weighted	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06											
2	6	Depreciation	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67										0.0314
		Weighted	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52										
3	7	Depreciation	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28	14.28									0.0762
		Weighted	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09									
4	8	Depreciation	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5								0.1273
		Weighted	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59								
5	9	Depreciation	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11							0.1692
		Weighted	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88							
6	10	Depreciation	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						0.1854
		Weighted	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85						
7	11	Depreciation	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09					0.1692
		Weighted	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54					
8	12	Depreciation	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33				0.1273
		Weighted	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05				
9	13	Depreciation	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69			0.0762
		Weighted	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59			
10	14	Depreciation	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14		0.0314
		Weighted	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23		
11	15	Depreciation	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	0.0032
		Weighted	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	
		Total weights																1.0000
Total Weighted Percentages			10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.37	9.84	8.76	7.16	5.28	3.43	1.89	0.84	0.26	0.00	99.98
Total Dollar Value of Depreciation for Cohort of $100,000			10,430	10,430	10,430	10,430	10,430	10,370	9,840	8,760	7,160	5,280	3,430	1,890	840	260	20	100,000

Table G.2b

Truncated Normal Retirement Pattern and Geometric Depreciation Pattern

Sub-cohort	Life		Percentage Reduction by Age														Weight from Retirement Fraction
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	5	Depreciation	48.11	27.24	14.72	7.21	2.7											0.0032
		Weighted	0.15	0.09	0.05	0.02	0.01											
2	6	Depreciation	41.28	26.19	16.14	9.43	4.96	1.99										0.0314
		Weighted	1.3	0.82	0.51	0.3	0.16	0.06										
3	7	Depreciation	36.15	24.74	16.59	10.76	6.61	3.64	1.51									0.0762
		Weighted	2.76	1.89	1.26	0.82	0.5	0.28	0.12									
4	8	Depreciation	32.15	23.22	16.52	11.5	7.73	4.9	2.78	1.19								0.1273
		Weighted	4.09	2.96	2.1	1.46	0.98	0.62	0.35	0.15								
5	9	Depreciation	28.95	21.77	16.19	11.84	8.46	5.83	3.79	2.2	0.96							0.1692
		Weighted	4.9	3.68	2.74	2	1.43	0.99	0.64	0.37	0.16							
6	10	Depreciation	26.33	20.43	15.71	11.94	8.92	6.5	4.57	3.02	1.78	0.79						0.1854
		Weighted	4.88	3.79	2.92	2.22	1.65	1.2	0.85	0.54	0.33	0.15						
7	11	Depreciation	24.15	19.22	15.18	11.88	9.17	6.96	5.15	3.67	2.46	1.47	0.66					0.1692
		Weighted	4.09	3.25	2.57	2.01	1.55	1.18	0.87	0.62	0.42	0.25	0.11					
8	12	Depreciation	22.3	18.11	14.63	11.72	9.3	7.28	5.59	4.19	3.02	2.05	1.24	0.56				0.1273
		Weighted	2.84	2.31	1.86	1.49	1.18	0.93	0.71	0.53	0.38	0.26	0.16	0.07				
9	13	Depreciation	20.71	17.12	14.07	11.5	9.32	7.48	5.91	4.59	3.48	2.53	1.73	1.06	0.48			0.0762
		Weighted	1.58	1.31	1.07	0.88	0.71	0.57	0.45	0.35	0.27	0.19	0.13	0.08	0.04			
10	14	Depreciation	19.34	16.21	13.54	11.24	9.27	7.59	6.14	4.9	3.84	2.93	2.15	1.48	0.91	0.42		0.0314
		Weighted	0.61	0.51	0.43	0.35	0.29	0.24	0.19	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.03	0		
11	15	Depreciation	18.13	15.39	13.02	10.97	9.18	7.64	6.3	5.14	4.13	3.26	2.51	1.85	1.29	0.79	0.37	0.0032
		Weighted	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	
		Total weights																1.0000
Total Weighted Percentages			27.26	20.65	15.55	11.59	8.5	6.09	4.2	2.76	1.69	0.95	0.48	0.2	0.07	0.00	0.00	100.00
Total Dollar Value of Depreciation for Cohort of $100,000			27,260	20,650	15,550	11,590	8,500	6,090	4,200	2,760	1,690	950	480	200	70	10	0	100,000

Table G.2c

Truncated Normal Retirement Pattern and Delayed Depreciation Pattern

Sub-cohort	Life		Percentage Reduction by Age														Weight from Retirement Fraction
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	5	Depreciation	2.44	3.81	6.79	15.53	71.43											0.0032
		Weighted	0.01	0.01	0.02	0.05	0.23											
2	6	Depreciation	1.96	2.8	4.33	7.57	16.67	66.67										0.0314
		Weighted	0.06	0.09	0.14	0.24	0.52	2.1										
3	7	Depreciation	1.64	2.21	3.13	4.79	8.23	17.5	62.5									0.0762
		Weighted	0.12	0.17	0.24	0.36	0.63	1.33	4.76									
4	8	Depreciation	1.41	1.82	2.43	3.43	5.19	8.79	18.1	58.82								0.1273
		Weighted	0.18	0.23	0.31	0.44	0.66	1.12	2.3	7.49								
5	9	Depreciation	1.23	1.54	1.98	2.64	3.7	5.55	9.26	18.52	55.55							0.1692
		Weighted	0.21	0.26	0.34	0.45	0.63	0.94	1.57	3.13	9.4							
6	10	Depreciation	1.1	1.34	1.67	2.14	2.84	3.95	5.87	9.65	18.8	52.63						0.1854
		Weighted	0.2	0.25	0.31	0.4	0.53	0.73	1.09	1.79	3.48	9.76						
7	11	Depreciation	0.99	1.18	1.44	1.79	2.29	3.02	4.18	6.16	9.98	18.96	50					0.1692
		Weighted	0.17	0.2	0.24	0.3	0.39	0.51	0.71	1.04	1.69	3.21	8.45					
8	12	Depreciation	0.9	1.06	1.26	1.54	1.9	2.42	3.19	4.38	6.41	10.26	19.05	47.62				0.1273
		Weighted	0.11	0.13	0.16	0.2	0.24	0.31	0.41	0.56	0.82	1.31	2.42	6.06				
9	13	Depreciation	0.83	0.96	1.13	1.34	1.63	2.01	2.55	3.34	4.57	6.63	10.48	19.06	45.45			0.0762
		Weighted	0.06	0.07	0.09	0.1	0.12	0.15	0.19	0.25	0.35	0.51	0.8	1.45	3.46			
10	14	Depreciation	0.76	0.87	1.01	1.19	1.42	1.71	2.11	2.67	3.49	4.74	6.83	10.67	19.02	43.5		0.0314
		Weighted	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08	0.11	0.15	0.21	0.34	0.6	1.37		
11	15	Depreciation	0.17	0.8	0.92	1.07	1.25	1.49	1.79	2.21	2.79	3.62	4.9	7	10.82	18.9	41.7	0.0032
		Weighted	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.1	0.13	
		Total weights																1.0000
Total Weighted Percentages			1.16	1.45	1.88	2.57	4	7.25	11.1	14.35	15.86	14.94	11.91	7.87	4.1	1.43	0.13	100.00
Total Dollar Value of Depreciation for Cohort of $100,000			1,160	1,450	1,880	2,570	4,000	7,250	11,100	14,350	15,860	14,940	11,910	7,870	4,100	1,430	130	100,000

Figure G.1
Survival of Capital Stock Using Beta-decay Depreciation: *L-x/L-$x*

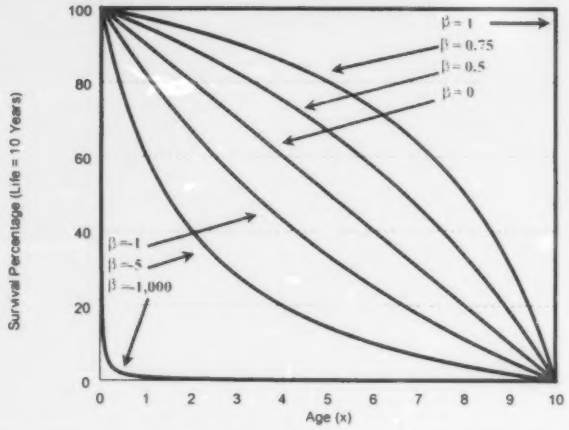


Figure G.2
Geometric Decay Function, Life = 10 Years, Infinite vs. with Redistribution

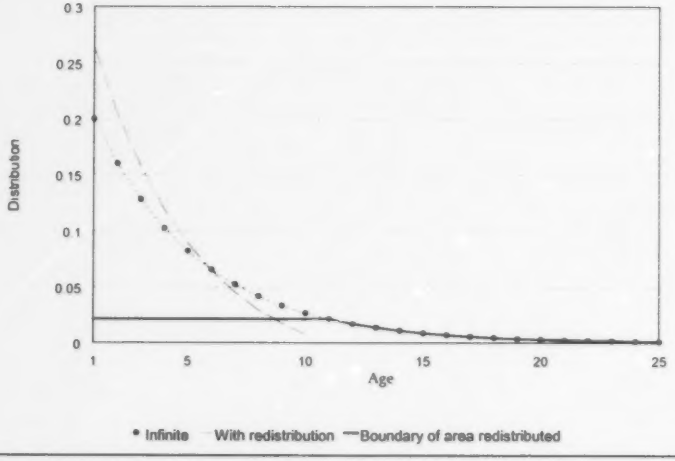


Table G.3
Geometric Depreciation of a Sub-cohort of Assets with a Service Life (L) of 10 Years and $\delta = 2/L$

Age (x)	Value of Depreciation Function $D = \delta(1-\delta)^{x-1}$ for Asset of Age x Years	Shifted D: Values in Column 2 Shifted Down by Depreciation at Age 11 (i.e. Column 2 - 0.021475)	Proportional Distribution of Shifted D: Individual Values in Column 3 Divided by the Column Total
1	2	3	4
1	0.2	0.178525	0.263359
2	0.16	0.138525	0.204351
3	0.128	0.106525	0.157145
4	0.1024	0.080925	0.11938
5	0.08192	0.060445	0.089168
6	0.065536	0.044061	0.064999
7	0.052429	0.030954	0.045663
8	0.041943	0.020468	0.030195
9	0.033554	0.012080	0.01782
10	0.026844	0.005369	0.00792
11	0.021475	0.000000	0
12	0.01718	Sum = 0.677877	Sum = 1.000000
13	0.013744		
14	0.010995		
15	0.008796		
16	0.007037		
17	0.005629		
18	0.004504		
19	0.003603		
20	0.002882		

G.3 BEA-type Geometric Depreciation Methodology

AS WITH THE CURRENT MEASURES, estimates of net stock and depreciation are derived using the perpetual inventory method: accumulated past gross investment is reduced by the cumulative value of depreciation. The initial calculations are performed in real terms and current dollar values are estimated by reflation. The asset lives and price indices used are the same as those used in the current measures.

The BEA-type methodology for estimating geometric depreciation and net stocks differs from that used to calculate the current measures in several important respects.

The BEA-type methodology uses rates of depreciation derived from studies of actual price-age profiles of used assets. These studies show that depreciation is close to geometric for most assets, but whereas the current geometric measures use a double-declining-balance rate for all types of assets, the BEA-type geometric measures use a rate of 1.65 for machinery and equipment and 0.9 for structures.

Also, as noted previously, the current methodology breaks a cohort of investments into sub-cohorts based on an assumed retirement pattern, calculates the depreciation for each sub-cohort based on its own service life, and redistributes the "tail" of the infinite distribution for each sub-cohort. Under the BEA-type methodology, the geometric pattern of depreciation is assumed to take retirements into account and hence the retirement pattern and the division of a cohort of investment into sub-cohorts in not necessary. The "tail" of the distribution is covered under the BEA-type methodology by allowing the calculation of the declining-balance to continue for a period of years equal to five times the service life of the asset. At this point, the remaining value of the asset is close enough to zero that it can be ignored.

Since the BEA-type geometric methodology does not use the concept of a retirement pattern separate from depreciation and uses the same depreciation profile for all investments in a cohort, it is not possible to derive measures of gross stocks and discards corresponding to the BEA-type geometric measures.

G.4 Comparisons

IN SUMMARY, the difference between using the BEA-type methodology rather than the current measures is to dramatically reduce the amounts deducted as depreciation, thereby yielding much higher levels of capital stock in existence. As can be seen from Tables G.5 and G.6, the rates of depreciation are much lower with the BEA-type method than in the current geometric measures.

Table G.4 summarizes the resulting growth rates for the two methodologies. As can be seen, the growth rate for all assets over the period 1982 to 1990 under the BEA-type methodology is over half as much again (153 percent) as the growth rate for the current methodology, and over the period 1991 to 1998, it is double. For structures, the differences are even more dramatic. Over the period 1982 to 1998, the rate of growth for structures using the BEA-type methodology is over twice what it is under the current methodology and for the period 1991 to 1998 it is over three times the current rate.

Table G.4
Average Growth Rates of Net Capital Stock (Geometric Depreciation), Current Measures and BEA-type Methodology

Period	Current Measures			BEA-type Methodology		
	All Assets	Structures	Equipment	All Assets	Structures	Equipment
1982-98	1.5	1.1	2.9	2.6	2.3	3.5
1982-90	1.9	1.4	3.3	2.9	2.7	3.8
1991-98	1.1	0.6	2.4	2.2	1.9	3.1

Table G.5
Depreciation Rates with Service Life of 15 Years

Age	Current Methodology			BEA-type Methodology
	Straight-line Depreciation Pattern	Delayed Depreciation Pattern	Geometric Depreciation Pattern	Geometric Depreciation Pattern
1	6.95	3.61	18.80	11.00
2	6.95	3.89	15.72	9.79
3	6.95	4.21	13.11	8.71
4	6.95	4.58	10.90	7.75
5	6.95	5.00	9.01	6.90
6	6.95	5.49	7.40	6.14
7	6.95	6.06	6.03	5.47
8	6.95	6.73	4.86	4.87
9	6.88	7.37	3.86	4.33
10	6.65	7.79	3.00	3.85
11	6.25	7.92	2.28	3.43
12	5.68	7.70	1.69	3.05
13	4.98	7.14	1.21	2.72
14	4.17	6.28	0.84	2.42
15	3.31	5.22	0.55	2.15
16	2.49	4.06	0.34	1.92
17	1.74	2.94	0.20	1.70
18	1.12	1.95	0.11	1.52
19	0.65	1.16	0.05	1.35
20	0.33	0.60	0.02	1.20
21	0.13	0.24	0.01	1.07
22	0.03	0.05	0.00	0.95

Table G.6
Depreciation Rates with Service Life of 36 Years

Age	Current Methodology			BEA-type Methodology
	Straight-line Depreciation Pattern	Delayed Depreciation Pattern	Geometric Depreciation Pattern	Geometric Depreciation Pattern
1	2.90	0.74	8.17	2.50
2	2.90	0.78	7.60	2.44
3	2.90	0.81	7.07	2.38
4	2.90	0.86	6.58	2.32
5	2.90	0.90	6.11	2.26
6	2.90	0.95	5.68	2.20
7	2.90	1.00	5.27	2.15
8	2.90	1.06	4.88	2.09
9	2.90	1.12	4.52	2.04
10	2.90	1.19	4.19	1.99
11	2.90	1.27	3.87	1.94
12	2.90	1.35	3.57	1.89
13	2.90	1.45	3.30	1.85
14	2.90	1.56	3.03	1.80
15	2.90	1.68	2.79	1.75
16	2.90	1.82	2.56	1.71
17	2.90	1.98	2.34	1.67
18	2.90	2.16	2.14	1.63
19	2.89	2.38	1.95	1.59
20	2.88	2.60	1.77	1.55
21	2.86	2.82	1.60	1.51
22	2.83	3.02	1.44	1.47
23	2.79	3.21	1.29	1.43
24	2.73	3.39	1.16	1.40
25	2.66	3.54	1.03	1.36
26	2.58	3.66	0.91	1.33
27	2.48	3.75	0.80	1.29
28	2.38	3.80	0.70	1.26
29	2.26	3.82	0.61	1.23

Table G.6 (cont'd)

Age	Current Methodology			BEA-type Methodology
	Straight-line Depreciation Pattern	Delayed Depreciation Pattern	Geometric Depreciation Pattern	Geometric Depreciation Pattern
30	2.14	3.80	0.53	1.20
31	2.01	3.74	0.46	1.17
32	1.87	3.64	0.39	1.14
33	1.72	3.50	0.33	1.11
34	1.58	3.34	0.28	1.08
35	1.43	3.14	0.23	1.06
36	1.28	2.92	0.19	1.03
37	1.14	2.68	0.15	1.00
38	1.00	2.43	0.12	0.98
39	0.86	2.18	0.10	0.96
40	0.74	1.92	0.08	0.93
41	0.62	1.67	0.06	0.91
42	0.52	1.43	0.05	0.89
43	0.42	1.20	0.03	0.86
44	0.34	0.99	0.02	0.84
45	0.27	0.79	0.02	0.82
46	0.20	0.62	0.01	0.80
47	0.15	0.47	0.01	0.78
48	0.11	0.35	0.00	0.76
49	0.07	0.24	0.00	0.74
50	0.05	0.16	0.00	0.72
51	0.03	0.09	0.00	0.71
52	0.01	0.04	0.00	0.69
53	0.00	0.02	0.00	0.67
54	0.00	0.00	0.00	0.65

Similarly, comparing the levels of capital stock produced by the two methodologies, total assets under the current measures amount to 587 billion dollars in 1998, but under the BEA-type measures, it reaches 1,445 billion dollars – about 2.5 times as large (see Figures G.3 to G.5).

Figure G.3
Net Capital Stock, All Industries, Structures

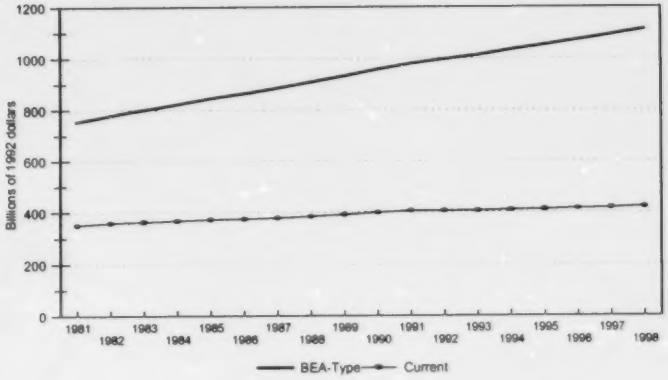


Figure G.4
Net Capital Stock, All Industries, Equipment

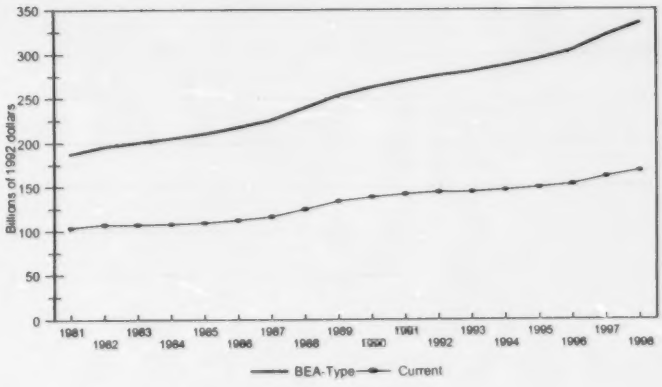
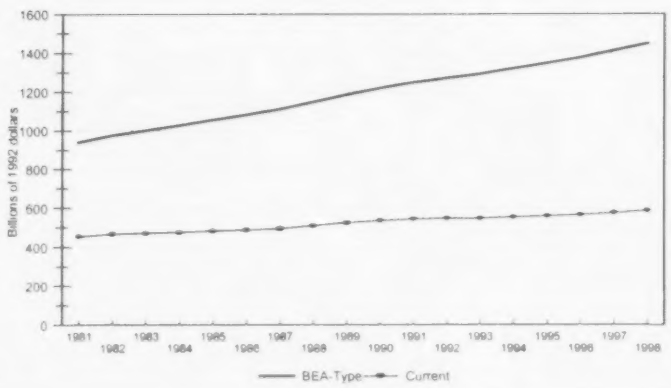


Figure G.5
Net Capital Stock, All Industries, Total



Notes

1 Excerpts from *Canadian Net Capital Stock Estimates and Depreciation Profiles: A Comparison Between the Existing Series and a Test Series Using the U.S. (BEA) Methodology*, P. Koumanakos, R. Landry, K. Huang and S. Wood., Statistics Canada, 1999.

2 For a complete explanation of the Statistics Canada methodology, see Statistics Canada (1994a).

3 Katz and Herman (1997), and Fraumeni (1997).

4 The Capital and Repair Expenditures Survey was extensively revised in 1985 and 1987 to satisfy data requirements for the estimation of capital stocks.

Bibliography

Baily, Martin Neil and Robert J. Gordon. "The Productivity Slowdown, Measurement Issues, and the Explosion of Computer Power." *Brookings Papers on Economic Activity*, 2 (1988): 347–420.

Blinder, Alan S. "The Speed Limit: Fact and Fancy in the Growth Debate." *The American Prospect*, 34 (September-October 1997): 57–62.

Brynjolfsson, Erik and Chris F. Kemerer. "Network Externalities in Microcomputer Software: An Econometric Analysis of the Spreadsheet Market." *Management Science*, 42, 12 (December 1996): 1627–47.

Brynjolfsson, Erik and Shinkyu Yang. "Information Technology and Productivity: A Review of the Literature." *Advances in Computers*, 43 (February 1996): 179–214.

Bureau of Economic Analysis. *Fixed Reproducible Tangible Wealth of the United States, 1925–96*, NCN-0136, May 1998a.

_____. "Fixed Reproducible Tangible Wealth in the United States: Revised Estimates for 1995–97 and Summary Estimates for 1925–1997." *Survey of Current Business*, September 1998b, pp. 36–45.

_____. *Investment Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1925–1997*. 1998c.

_____. "National Accounts Data – Data from the Latest GDP Release." http://www.bea.doc.gov/bea/dn/niptbl-d.htm, 1999.

Bureau of Labor Statistics. *Capital Stock Estimates for Input-Output Industries: Methods and Data*, Washington (DC): Government Printing Office Bulletin 2034, Washington (DC): Government Printing Office, 1979.

_____. *Trends in Multifactor Productivity, 1948–1981*, Washington (DC): Government Printing Office, 1983.

_____. *Labor Composition and U.S. Productivity Growth, 1948–1990*, Bulletin 2426, Washington (DC): Government Printing Office, 1993.

_____. *BLS Handbook of Methods*, Washington (DC): Government Printing Office, 1997.

_____. *Multifactor Productivity: Revisions to Capital Inputs for the BLS Multifactor Productivity Measures*, Washington (DC): Government Printing Office,1998.

_____. *Multifactor Productivity Trends*. USDL 99-36, February 11, 1999.

_____. *Productivity and Costs: Preliminary Fourth Quarter and Annual Averages, 1999*. USDL 00-37, February 8, 2000.

Christensen, Laurits R. and Dale W. Jorgenson "Measuring Economic Performance in the Private Sector," in *The Measurement of Economic and Social Performance*. Edited by Milton Moss. New York: Columbia University Press, 1973, pp. 233–38.

Christensen, Laurits R., Dale W. Jorgenson, and Lawrence J. Lau. "Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function." *Econometrica*, 39, 4 (July 1971): 255–56.

_____. "Transcendental Logarithmic Production Function." *Review of Economics and Statistics*, 55 (1973): 28–45.

Cole, Roseanne, Y. C. Chen, Joan A. Barquin-Stolleman, Ellen Dulberger, Hurhan Helvacian, and James H. Hodge. "Quality-adjusted Price Indexes for Computer Processors and Selected Peripheral Equipment." *Survey of Current Business*, 66, 1 (January 1986): 41–50.

Congressional Budget Office. "CBO's Method for Estimating Potential Output." *CBO Memorandum*, October 1995.

_____. "An Economic Model for Long-run Budget Simulations." *CBO Memorandum*, 1997.

_____. *The Budget and Economic Outlook: Fiscal Years 2000–2009*. Washington (DC): Government Printing Office, January 1999a.

_____. "The Budget and Economic Outlook: An Update." *CBO Papers*, July 1999b.

_____. *The Budget and Economic Outlook: Fiscal Years 2001–2010*. Washington (DC): Government Printing Office, January 2000.

Corrado, Carol and Lawrence Slifman. "Decomposition of Productivity and Unit Costs." *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 89, 2 (May 1999): 328–32.

Council of Economic Advisors. *The Annual Report of the Council of Economic Advisors*, Washington (DC): Government Printing Office, 2000.

Dean, Edward R. "The Accuracy of the BLS Productivity Measures." *Monthly Labor Review*, February 1999, pp. 24-34.

Department of Commerce. *The Emerging Digital Economy II*, Washington (DC), June 1999.

Diewert, W. Erwin. "Functional Forms for Profit and Transformation Functions." *Journal of Economic Theory*, 6 (1973): 284-316.

_____. "Aggregation Problems in the Measurement of Capital," in *The Measurement of Capital*. Edited by Dan Usher. Chicago: University of Chicago Press, 1980.

Diewert, W. Erwin and Denis A. Lawrence. "Progress in Measuring the Price and Quantity of Capital." Mimeo, University of British Columbia, 1999.

Domar, Evsey. "On the Measurement of Technological Change." *Economic Journal*, 71 (1961): 709-29.

Dougherty, J. Chrysostom. "A Comparison of Productivity and Economic Growth in the G-7 Countries." Ph.D. Dissertation, Harvard University, 1992.

Dougherty, J. Chrysostom and Dale W. Jorgenson. "There Is No Silver Bullet: Investment and Growth in the G7." *National Institute Economic Review*, 162 (October 1997): 57-74.

Durand, René. "Aggregation, Integration and Productivity Analysis: An Overall Framework." *Aggregate Productivity Measures*, Statistics Canada, Cat. No. 15-204, July 1989.

_____. "Transforming Input-output Tables for Productivity Analysis." Mimeo, Statistics Canada, 1998.

Federal Reserve Board. *Balance Sheets for the U.S. Economy*. Release C.9, June 1995.

_____. *Flow of Funds Accounts of the United States*. Release Z.1, 1997.

Fisher, Franklin M. *Aggregation - Aggregate Production Functions and Related Topics*. Cambridge (MA): The MIT Press, 1992.

Fisher, Lawrence M. "New Era Approaches: Gigabyte Chips." *New York Times*, February 7, 2000, p. C8.

Flamm, Kenneth. "Measurement of DRAM Prices: Technology and Market Structure," in *Price Measurements and their Uses*. Edited by Murray F. Foss, Marilyn E. Manser, and Allan H. Young. Chicago: University of Chicago Press, 1993.

Fraumeni, Barbara. "The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Public Accounts." *Survey of Current Business*, July 1997.

Gandal, Neil, "Hedonic Price Indexes for Spreadsheets and an Empirical Test for Network Externalities." *RAND Journal of Economics*, 25, 1 (Spring 1994): 160–70.

General Accounting Office. "The Deficit and the Economy: An Update of Long-term Simulations." GAO/AIMD/OCE-95-119, 1995.

_____. "Deficit Reduction and the Long Term." GAO/T-AIMD-96-66, 1996.

Gordon, Robert J. *The Measurement of Durable Goods Prices*, Chicago: University of Chicago Press, 1990.

_____. *The Economics of New Goods*, Chicago: University of Chicago Press, 1997.

_____. "U.S. Economic Growth Since 1870: What We Know and Still Need to Know." *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 89, 2 (May 1999a): 123–28.

_____. "Has the 'New Economy' Rendered the Productivity Slowdown Obsolete?" Manuscript, Northwestern University, June 12, 1999b.

Greenwood, Jeremy, Zvi Hercowitz, and Per Krusell. "Long-run Implications of Investment Specific Technological Change." *American Economic Review*, 87, 3 (1997): 342–63.

Griliches, Zvi. "The Search for R&D Spillovers." *Scandinavian Journal of Economics*, 94 (1992): 29–47.

_____. "Productivity, RD, and the Data Constraint." *American Economic Review*, 84, 1 (March 1994): 1–23.

Griliches, Zvi and Dale W. Jorgenson. "Sources of Measured Productivity Changes: Capital Input." *American Economic Review*, 56 (May 1966): 50–61.

Grimm, Bruce T. "Quality Adjusted Price Indexes for Digital Telephone Switches." Bureau of Economic Analysis, unpublished memo, 1997.

Gullickson, William and Michael J. Harper. "Possible Measurement Bias in Aggregate Productivity Growth." *Monthly Labor Review*, February 1999, pp. 47–67.

Haimowitz, Joseph H. "Has the Surge in Computer Spending Fundamentally Changed the Economy?" *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City, 2nd Quarter, 1998, pp. 27–42.

Hall, Robert E. "The Relation Between Price and Marginal Cost in U.S. Industry." *Journal of Political Economy*, 96,5 (1988): 921–47.

Hercowitz, Zvi. "The 'Embodiment' Controversy: A Review Essay." *Journal of Monetary Economics*, 41 (1998): 217–24.

Ho, Mun S. and Dale W. Jorgenson. "The Quality of the U.S. Workforce, 1948–95." Mimeo, Harvard University, 1999.

Ho, Mun S., Dale W. Jorgenson, and Kevin J. Stiroh. "U.S. High-tech Investment and the Pervasive Slowdown in the Growth of Capital Services." Mimeo, Harvard University, 1999.

Hooper, Peter and Elizabeth Vrankovich. "International Comparisons of the Level of Unit Labor Costs in Manufacturing." *International Finance Discussion Papers*, 527, Board of Governors of the Federal Reserve System, 1995.

Hulten, Charles R. *Total Factor Productivity: A Short Biography*. NBER Working Paper 7471, January 2000.

Johnson, Joanne. "A KLEMS Database: Describing the Input Structure of Canadian Industry." *Aggregate Productivity Measures*, Statistics Canada, Cat. No. 15-204E, 1994, pp. 19–32.

Jorgenson, Dale W. "The Embodiment Hypothesis." *Journal of Political Economy*, 74, 1 (1966): 1–17.

_____. "Productivity and Economic Growth," in *Fifty Years of Economic Measurement*. Edited by E. Berndt and J. Triplett. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

_____. "Empirical Studies of Depreciation." *Economic Inquiry*, 34, 1 (January 1996): 24–42.

_____ ed. "Productivity and Postwar U.S. Economic Growth," in *Productivity, Volume 1: Postwar U.S. Economic Growth*, MIT Press, 1995a, pp. 1–23.

_____. ed., "Productivity and Economic Growth," in *Productivity, Volume 2: International Comparisons of Economic Growth*, MIT Press, 1995b, pp. 1–98.

Jorgenson, Dale W., Frank Gollop, and Barbara Fraumeni. *Productivity and U.S. Economic Growth*. Harvard University Press, 1987.

Jorgenson, Dale W. and Zvi Griliches. "The Explanation of Productivity Change." *Review of Economic Studies*, July 1967.

Jorgenson, Dale W. and Masahiro Kuroda. "Productivity and International Competitiveness in Japan and the United States, 1960–1985," in *Productivity, Volume 2, International Comparisons of Economic Growth*. Edited by Dale W . Jorgenson, MIT Press, 1995.

Jorgenson, Dale W., Masahiro Kuroda, and Mieko Nishimizu. "Japan-U.S. Industry-level Productivity Comparisons, 1960–1979." *Journal of the Japanese and International Economies*, 1 ,1 (1987): 1–30.

Jorgenson, Dale W. and Mieko Nishimizu. "U.S. and Japanese Economic Growth, 1952–1974." *Economic Journal*, 88 (December 1978): 707–26.

Jorgenson, Dale W. and Kevin J. Stiroh. "Computers and Growth." *Economics of Innovation and New Technology*, 3, 3–4 (1995): 295–316.

_____. "Information Technology and Growth." *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 89, 2 (May 1999): 109–15.

_____. "U.S. Economic Growth at the Industry Level." *American Economic Review, Papers and Proceedings*, May 2000.

Jorgenson, Dale W. and P. J. Wilcoxen. "Environmental Regulation and U.S. Economic Growth." *The Rand Journal of Economics*, 21, 2 (Summer 1990): 314–40.

Jorgenson, Dale W. and Eric Yip. "Whatever Happened to Productivity Growth? Investment and Growth in the G-7." in *New Developments in Productivity Analysis*. Edited by E. R. Dean, M. J. Harper, and C. Hulten, University of Chicago Press, 1999.

Jorgenson, Dale W. and Kun-Young Yun. *Tax Reform and the Cost of Capital*. Oxford: Clarendon Press, 1991.

Katz, Arnold J. and Shelby W. Herman. "Improved Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1925–95." *Survey of Current Business*, May 1997, pp. 69–92.

Katz, Lawrence F. and Alan B. Krueger. "The High-pressure U.S. Labor Market of the 1990s." *Brookings Papers on Economic Activity*, 1 (1999): 1–87.

Kemp, Katharine. *International Price and Quantity Comparisons: Purchasing Power Parities and Real Expenditures, Canada and the United States*. National Accounts and Environment Division, Technical Series Number 25, Statistics Canada, 1993.

Kiley, Michael T. "Computers and Growth with Costs of Adjustment: Will the Future Look Like the Past." Mimeo, Federal Reserve Board, July 1999.

Koumanakos, Peter, Richard Landry, Kuen Huang, and Susanna Wood. *Canadian Net Capital Stock Estimates and Depreciation Profiles: A Comparison Between the Existing Series and a Test Series Using the U.S. (BEA) Methodology*. Working Paper, Investment and Capital Stock Division, Statistics Canada, 1999.

Krugman, Paul. *The Age of Diminished Expectations: U.S. Economic Policy in the 1990s*. Cambridge (MA): MIT Press, 1990.

_____. "How Fast Can the U.S. Economy Grow?" *Harvard Business Review*, 75, 4 (July-August 1997): 123–29.

Kuroda, Masahiro and Koji Nomura." Productivity and International Competitiveness." Mimeo, Keio University, 1999.

Lum, Sherlene K. S. and Robert E. Yuskavage. "Gross Product by Industry, 1947–96." *Survey of Current Business*, November 1997, pp. 20–34.

McGuckin, Robert H. and Kevin J. Stiroh. "Do Computers Make Output Harder to Measure?" *Journal of Technology Transfer*, forthcoming, 2000.

Moulton, Brent R., Robert P. Parker, and Eugene P. Seskin. "A Preview of the 1999 Comprehensive Revision of the National Income and Product Accounts, Definitional and Classification Changes." *Survey of Current Business*, August 1999, pp. 7–19.

OECD. *International Sectoral Database*. Paris, 1998.

Office of Management and Budget. *Analytical Perspectives, Budget of the United States Government, Fiscal Year 1998*. Washington (DC): Government Printing Office, 1997.

_____. *Analytical Perspectives, Budget of the United States, Fiscal Year 2001*. Washington (DC): Government Printing Office, 2000.

Oliner, Stephen D. "Constant-quality Price Change, Depreciation, and the Retirement of Mainframe Computers," in *Price Measurement and Their Uses*. Edited by Murray F. Foss, Marilyn E. Manser, and Allan H. Young. Chicago: University of Chicago Press, 1993, pp. 19–61.

_____. *Measuring Stocks of Computer Peripheral Equipment: Theory and Application*. Board of Governors of the Federal Reserve System, May 1994.

Oliner, Stephen D. and Daniel E. Sichel. "Computers and Output Growth Revisited: How Big Is the Puzzle?" *Brookings Papers on Economic Activity*, 2 (1994): 273–334.

_____. "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?" Mimeo, Federal Reserve Board, February 2000.

Parker, Robert and Bruce Grimm. "Software Prices and Real Output: Recent Developments at the Bureau of Economic Analysis." Paper presented at the NBER Program on Technological Change and Productivity Measurement, March 17, 2000.

Sichel, Daniel E. *The Computer Revolution: An Economic Perspective*. Washington (DC): The Brookings Institution, 1997.

_____. "Computers and Aggregate Economic Growth." *Business Economics*, 34, 2 (April 1999): 18–24.

Social Security Administration. *Economic Projections for OASDI Cost and Income Estimates: 1992*." Actuarial Study No. 108, SSA Pub. No. 11-11551, December 1992.

_____. *1996 Annual Report of the Board of Trustees of the Federal Old-age and Survivors Insurance and Disability Trust Funds*. Washington (DC): Government Printing Office, 1996.

Solow, Robert M. "Technology Change and the Aggregate Production Function." *The Review of Economics and Statistics*, 39 (August 1957): 312–20.

_____. "Investment and Technical Progress," in *Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959*. Edited by Kenneth J. Arrow, Samuel Karlin, and Patrick Suppes. Stanford (CA): Stanford University Press, 1960.

_____. "We'd Better Watch Out." *New York Times Book Review*, July 12, 1987.

Statistics Canada. *Fixed Capital Flows and Stocks, 1961–1994 Historical*. Catalogue No. 13-568, 1994a.

_____. *Aggregate Productivity Measures*. Catalogue No. 15-204, 1994b.

_____. *Documentation for Micro Data File, Survey of Consumer Finance*. Household Surveys Division, Ottawa, 1996.

_____. *Guide to the Labor Force Survey*, Ottawa, 1997.

Stiroh, Kevin J. "Computers, Productivity, and Input Substitution." *Economic Inquiry*, 36, 2 (April 1998a): 175–91.

_____. "Long-run Growth Projections and the Aggregate Production Function: A Survey of Models Used by the U.S. Government." *Contemporary Economic Policy*, 16 (October 1998b): 467–79.

_____. "Is There a New Economy?" *Challenge*, July-August 1999, pp. 82–101.

Tevlin, Stacey and Karl Whelan. "Explaining the Equipment Investment Boom of the 1990s." Mimeo, Division of Research and Statistics, Federal Reserve Board, December 1999.

Triplett, Jack E. "The Economic Interpretation of Hedonic Methods." *Survey of Current Business*, 66, January 1986, pp. 36–40.

_____. "Price and Technological Change in a Capital Good: A Survey of Research on Computers," in *Technology and Capital Formation*. Edited by Dale W. Jorgenson and Ralph Landau, Cambridge (MA): The MIT Press, 1989.

_____. "High-tech Industry Productivity and Hedonic Price Indices." *OECD Proceedings: Industry Productivity, International Comparison and Measurement Issues*, 1996, pp. 119–42.

_____. "Economic Statistics, the New Economy, and the Productivity Slowdown." *Business Economics*, 34, 2 (April 1999): 13–7.

Triplett, Jack E. and Barry Bosworth. "Productivity in the Service Sector." Mimeo, The Brookings Institution, Washington (DC), January 2000.

Whelan, Karl. "Computers, Obsolescence, and Productivity." Mimeo, Division of Research and Statistics, Federal Reserve Board, December, 1999.

Williamson, W. Gordon and A. Craig Lahmer. *Preparing Your Corporate Tax Returns*, CCH Canadian Limited, 1996.

Industry Canada Research Publications

INDUSTRY CANADA WORKING PAPER SERIES

No. 1 **Economic Integration in North America: Trends in Foreign Direct Investment and the Top 1,000 Firms**, Micro-Economic Policy Analysis staff including John Knubley, Marc Legault, and P. Someshwar Rao, Industry Canada, 1994.

No. 2 **Canadian-Based Multinationals: An Analysis of Activities and Performance**, Micro-Economic Policy Analysis staff including P. Someshwar Rao, Marc Legault, and Ashfaq Ahmad, Industry Canada, 1994.

No. 3 **International R&D Spillovers Between Industries in Canada and the United States**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1994.

No. 4 **The Economic Impact of Mergers and Acquisitions on Corporations**, Gilles Mcdougall, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1995.

No. 5 **Steppin' Out: An Analysis of Recent Graduates Into the Labour Market**, Ross Finnie, School of Public Administration, Carleton University, and Statistics Canada, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 6 **Measuring the Compliance Cost of Tax Expenditures: The Case of Research and Development Incentives**, Sally Gunz and Alan Macnaughton, University of Waterloo, and Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 7 **Governance Structure, Corporate Decision-Making and Firm Performance in North America**, P. Someshwar Rao and Clifton R. Lee-Sing, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 8 **Foreign Direct Investment and APEC Economic Integration**, Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao, and Colleen Barnes, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 9 **World Mandate Strategies for Canadian Subsidiaries**, Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 10 **R&D Productivity Growth in Canadian Communications Equipment and Manufacturing**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 11 **Long-Run Perspective on Canadian Regional Convergence**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, and Frank C. Lee, Industry Canada, 1996.

No. 12 **Implications of Technology and Imports on Employment and Wages in Canada**, Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 13 **The Development of Strategic Alliances in Canadian Industries: A Micro Analysis**, Sunder Magun, Applied International Economics, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 14 **Employment Performance in the Knowledge-Based Economy**, Surendra Gera, Industry Canada, and Philippe Massé, Human Resources Development Canada, 1996.

No. 15 **The Knowledge-Based Economy: Shifts in Industrial Output**, Surendra Gera, Industry Canada, and Kurt Mang, Department of Finance, 1997.

No. 16 **Business Strategies of SMEs and Large Firms in Canada**, Gilles Mcdougall and David Swimmer, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1997.

No. 17 **Impact of China's Trade and Foreign Investment Reforms on the World Economy**, Winnie Lam, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1997.

No. 18 **Regional Disparities in Canada: Characterization, Trends and Lessons for Economic Policy**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 19 **Inter-Industry and U.S. R&D Spillovers, Canadian Industrial Production and Productivity Growth**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 20 **Information Technology and Labour Productivity Growth: An Empirical Analysis for Canada and the United States**, Surendra Gera, Wulong Gu, and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 21 **Capital-Embodied Technical Change and the Productivity Growth Slowdown in Canada**, Surendra Gera, Wulong Gu, and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 23 **Restructuring in Canadian Industries: A Micro Analysis**, Sunder Magun, Applied International Economics, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 24 **Canadian Government Policies Toward Inward Foreign Direct Investment**, Steven Globerman, Simon Fraser University and Western Washington University, and Daniel Shapiro, Simon Fraser University, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 25 **A Structuralist Assessment of Technology Policies – Taking Schumpeter Seriously on Policy**, Richard G. Lipsey and Kenneth Carlaw, Simon Fraser University, with a contribution by Davit D. Akman, research associate, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 26 **Intrafirm Trade of Canadian-Based Foreign Transnational Companies**, Richard A. Cameron, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 27 **Recent Jumps in Patenting Activities: Comparative Innovative Performance of Major Industrial Countries, Patterns and Explanations**, Mohammed Rafiquzzaman and Lori Whewell, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 28 **Technology and the Demand for Skills: An Industry-Level Analysis**, Surendra Gera and Wulong Gu, Industry Canada, and Zhengxi Lin, Statistics Canada, 1999.

No. 29 **The Productivity Gap Between Canadian and U.S. Firms**, Frank C. Lee and Jianmin Tang, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 30 **Foreign Direct Investment and Productivity Growth: The Canadian Host-Country Experience**, Surendra Gera, Wulong Gu and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 31 **Are Canadian-Controlled Manufacturing Firms Less Productive than their Foreign-Controlled Counterparts?** Someshwar Rao and Jianmin Tang, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 2000.

No. 32 **The Canada-U.S. Productivity Growth Paradox**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 2000.

INDUSTRY CANADA DISCUSSION PAPER SERIES

No. 1 **Multinationals as Agents of Change: Setting a New Canadian Policy on Foreign Direct Investment**, Lorraine Eden, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1994.

No. 2 **Technological Change and International Economic Institutions**, Sylvia Ostry, Centre for International Studies, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 3 **Canadian Corporate Governance: Policy Options**, Ronald. J. Daniels, Faculty of Law, University of Toronto, and Randall Morck, Faculty of Business, University of Alberta, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 4 **Foreign Direct Investment and Market Framework Policies: Reducing Frictions in APEC Policies on Competition and Intellectual Property**, Ronald Hirshhorn, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 5 **Industry Canada's Foreign Investment Research: Messages and Policy Implications**, Ronald Hirshhorn, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 6 **International Market Contestability and the New Issues at the World Trade Organization**, Edward M. Graham, Institute for International Economics, Washington (D.C.), under contract with Industry Canada, 1998.

No. 7 **Implications of Foreign Ownership Restrictions for the Canadian Economy – A Sectoral Analysis**, Steven Globerman, Western Washington University, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 8 **Determinants of Canadian Productivity Growth: Issues and Prospects**, Richard G. Harris, Simon Fraser University and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 9 **Is Canada Missing the "Technology Boat"? Evidence from Patent Data**, Manuel Trajtenberg, Tel Aviv University, National Bureau of Economic Research and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 2000.

INDUSTRY CANADA OCCASIONAL PAPER SERIES

No. 1 **Formal and Informal Investment Barriers in the G-7 Countries: The Country Chapters**, Micro-Economic Policy Analysis staff including Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knubley, Rosemary D. MacDonald, and Christopher Wilkie, Industry Canada, 1994.

Formal and Informal Investment Barriers in the G-7 Countries: Summary and Conclusions, Micro-Economic Policy Analysis staff including Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, and John Knubley, Industry Canada, 1994.

No. 2 **Business Development Initiatives of Multinational Subsidiaries in Canada**, Julian Birkinshaw, University of Western Ontario, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 3 **The Role of R&D Consortia in Technology Development**, Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Carleton University, and Sunder Magun, Centre for Trade Policy and Law, University of Ottawa and Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 4 **Gender Tracking in University Programs**, Sid Gilbert, University of Guelph, and Alan Pomfret, King's College, University of Western Ontario, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 5 **Competitiveness: Concepts and Measures**, Donald G. McFetridge, Department of Economics, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 6 **Institutional Aspects of R&D Tax Incentives: The SR&ED Tax Credit**, G. Bruce Doern, School of Public Administration, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 7 **Competition Policy as a Dimension of Economic Policy: A Comparative Perspective**, Robert D. Anderson and S. Dev Khosla, Economics and International Affairs Branch, Bureau of Competition Policy, Industry Canada, 1995.

No. 8 **Mechanisms and Practices for the Assessment of the Social and Cultural Implications of Science and Technology**, Liora Salter, Osgoode Hall Law School, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 9 **Science and Technology: Perspectives for Public Policy**, Donald G. McFetridge, Department of Economics, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 10 **Endogenous Innovation and Growth: Implications for Canada**, Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal and Canadian Institute for Advanced Research, and Elhanan Helpman, Tel Aviv University and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 11 **The University-Industry Relationship in Science and Technology**, Jérôme Doutriaux, University of Ottawa, and Margaret Barker, Meg Barker Consulting, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 12 **Technology and the Economy: A Review of Some Critical Relationships**, Michael Gibbons, University of Sussex, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 13 **Management Skills Development in Canada**, Keith Newton, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1995.

No. 14 **The Human Factor in Firm's Performance: Management Strategies for Productivity and Competitiveness in the Knowledge-Based Economy**, Keith Newton, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 15 **Payroll Taxation and Employment: A Literature Survey**, Joni Baran, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 16 **Sustainable Development: Concepts, Measures, Market and Policy Failures at the Open Economy, Industry and Firm Levels**, Philippe Crabbé, Institute for Research on the Environment and Economy, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 17 **Measuring Sustainable Development: A Review of Current Practice**, Peter Hardi and Stephan Barg, with Tony Hodge and Laszlo Pinter, International Institute for Sustainable Development, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 18 **Reducing Regulatory Barriers to Trade: Lessons for Canada from the European Experience**, Ramesh Chaitoo and Michael Hart, Centre for Trade Policy and Law, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 19 **Analysis of International Trade Dispute Settlement Mechanisms and Implications for Canada's Agreement on Internal Trade**, E. Wayne Clendenning and Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., under contract with Industry Canada, 1997.

No. 20 **Aboriginal Businesses: Characteristics and Strategies for Growth**, David Caldwell and Pamela Hunt, Management Consulting Centre, under contract with Aboriginal Business Canada, Industry Canada, 1998.

No. 21 **University Research and the Commercialization of Intellectual Property in Canada**, Wulong Gu and Lori Whewell, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 22 **A Regional Perspective on the Canada-U.S. Standard of Living Comparison**, Raynald Létourneau and Martine Lajoie, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 2000.

No. 23 **Linkages Between Technological Change and Productivity Growth**, Steven Globerman, Western Washington University, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 24 **Investment and Productivity Growth – A Survey From the Neoclassical and New Growth Perspectives**, Kevin J. Stiroh, Federal Reserve Bank of New York, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 25 **The Economic Determinants of Innovation**, Randall Morck, University of Alberta, and Bernard Yeung, New York University, under contract with Industry Canada, 2000.

No. 26 **SMEs, Exports and Job Creation: A Firm-level Analysis**, Élisabeth Lefebvre and Louis A. Lefebvre, CIRANO and École Polytechnique de Montréal, under contract with Industry Canada, 2000.

CANADA IN THE 21ST CENTURY SERIES

No. 1 **Global Trends: 1980-2015 and Beyond**, J. Bradford DeLong, University of California, Berkeley, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 2 **Broad Liberalization Based on Fundamentals: A Framework for Canadian Commercial Policy**, Randy Wigle, Wilfrid Laurier University, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 3 **North American Economic Integration: 25 Years Backward and Forward**, Gary C. Hufbauer and Jeffrey J. Schott, Institute for International Economics, Washington (D.C.), under contract with Industry Canada, 1998.

No. 4 **Demographic Trends in Canada, 1996-2006: Implications for the Public and Private Sectors**, David K. Foot, Richard A. Loreto, and Thomas W. McCormack, Madison Avenue Demographics Group, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 5 **Capital Investment Challenges in Canada**, Ronald P.M. Giammarino, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 6 **Looking to the 21st Century – Infrastructure Investments for Economic Growth and for the Welfare and Well-Being of Canadians**, Christian DeBresson, Université du Québec à Montréal, and Stéphanie Barker, Université de Montréal, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 7 **The Implications of Technological Change for Human Resource Policy**, Julian R. Betts, University of California, San Diego, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 8 **Economics and the Environment: The Recent Canadian Experience and Prospects for the Future**, Brian R. Copeland, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 9 **Individual Responses to Changes in the Canadian Labour Market**, Paul Beaudry and David A. Green, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 10 **The Corporate Response – Innovation in the Information Age**, Randall Morck, University of Alberta, and Bernard Yeung, University of Michigan, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 11 **Institutions and Growth: Framework Policy as a Tool of Competitive Advantage for Canada**, Ronald J. Daniels, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1998.

PERSPECTIVES ON NORTH AMERICAN FREE TRADE SERIES

No. 1 **Can Small-Country Manufacturing Survive Trade Liberalization? Evidence from the Canada-U.S. Free Trade Agreement**, Keith Head and John Ries, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 2 **Modelling Links Between Canadian Trade and Foreign Direct Investment,** Walid Hejazi and A. Edward Safarian, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 3 **Trade Liberalisation and the Migration of Skilled Workers,** Steven Globerman, Western Washington University and Simon Fraser University, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 4 **The Changing Industry and Skill Mix of Canada's International Trade,** Peter Dungan and Steve Murphy, Institute for Policy Analysis, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 5 **Effects of the Canada-United States Free Trade Agreement on Interprovincial Trade,** John F. Helliwell, University of British Columbia, Frank C. Lee, Industry Canada, and Hans Messinger, Statistics Canada, 1999.

No. 6 **The Long and Short of the Canada-U.S. Free Trade Agreement,** Daniel Trefler, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

MONOGRAPH

Industry-level Productivity and International Competitiveness Between Canada and the United States, edited by Dale W. Jorgenson, Harvard University, and Frank C. Lee, Industry Canada, 2001.

RESEARCH VOLUME SERIES

No. 1 **Foreign Investment, Technology and Economic Growth,** Donald G. McFetridge ed., University of Calgary Press, 1991.

No. 2 **Corporate Globalization Through Mergers and Acquisitions,** L. Waverman ed., University of Calgary Press, 1991.

No. 3 **Multinationals in North America,** Lorraine Eden ed., University of Calgary Press, 1994, reprinted in 1996.

No. 4 **Canadian-Based Multinationals,** Steven Globerman ed., University of Calgary Press, 1994.

No. 5 **Corporate Decision-Making in Canada,** Ronald J. Daniels and Randall Morck eds., University of Calgary Press, 1995.

No. 6 **Implications of Knowledge-Based Growth for Micro-Economic Policies**, Peter Howitt ed., University of Calgary Press, 1996.

No. 7 **The Asia Pacific Region in the Global Economy: A Canadian Perspective**, Richard G. Harris ed., University of Calgary Press, 1996.

No. 8 **Financing Growth in Canada**, Paul J.N. Halpern ed., University of Calgary Press, 1997.

No. 9 **Competition Policy and Intellectual Property Rights in the Knowledge-Based Economy**, Robert D. Anderson and Nancy T. Gallini eds., University of Calgary Press, 1998.

JOINT PUBLICATIONS

Capital Budgeting in the Public Sector, in collaboration with the John Deutsch Institute, Jack Mintz and Ross S. Preston eds., 1994.

Infrastructure and Competitiveness, in collaboration with the John Deutsch Institute, Jack Mintz and Ross S. Preston eds., 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, in collaboration with the C.D. Howe Institute, Jamie Benidickson, G. Bruce Doern, and Nancy Olewiler, 1994.

To obtain copies of documents published under Industry Canada's Research Publications Program, please contact:

Publications Officer
Micro-Economic Policy Analysis
Industry Canada
5th Floor, West Tower
235 Queen Street
Ottawa, Ontario, K1A 0H5

Tel.: (613) 952-5704
Fax: (613) 991-1261
E-mail: mepa.apme@ic.gc.ca

Programme des publications
de recherche d'Industrie Canada

DIRECTEURS DE LA PUBLICATION :
DALE W. JORGENSON ET FRANK C. LEE

La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale du Canada et des États-Unis

Monographie de recherche d'Industrie Canada

La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis

Programme des publications de recherche d'Industrie Canada

Le Programme des publications de recherche d'Industrie Canada fournit une tribune pour l'analyse des grands défis micro-économiques auxquels est confrontée l'économie canadienne et favorise un débat public éclairé sur les grandes questions d'actualité. Sous l'égide de la Direction générale de l'analyse de la politique micro-économique, la collection des documents de recherche, qui s'inscrit dans le cadre de ce programme, englobe des documents de travail analytiques révisés par des pairs et des documents de discussion rédigés par des spécialistes qui portent sur des questions micro-économiques d'importance primordiale.

Les opinions exprimées dans ces documents de recherche ne reflètent pas nécessairement le point de vue d'Industrie Canada ou celui du gouvernement fédéral.

DIRECTEURS DE LA PUBLICATION :
DALE W. JORGENSON ET FRANK C. LEE

La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis

Monographie de recherche d'Industrie Canada

Données de catalogage avant publication (Canada)

Vedette principale au titre :
La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis

« Monographie de recherche d'Industrie Canada »
Texte en anglais et en français disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit. : Industry-Level Poductivity and International Competitiveness Between Canada and the United States.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-65349-1
N° de cat. C21-26/1-2000

1. Productivité — Canada.
2. Productivité — États-Unis.
3. Concurrence — Canada.
4. Concurrence — États-Unis.
I. Jorgenson, Dale W., 1933-
II. Lee, Frank C. (Frank Chung)
III. Canada. Industrie Canada.

HC79.I52I52 2000 338.4'567'0971 C00-980453-6F
Publié en mars 2001

Vous trouverez, à la fin du présent ouvrage, des renseignements sur les documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche et sur la façon d'en obtenir des exemplaires. Des sommaires des documents et cahiers de recherche publiés dans les diverses collections d'Industrie Canada, ainsi que le texte intégral de notre bulletin trimestriel, *MICRO*, peuvent être consultés sur *STRATEGIS*, le service d'information commerciale en direct du Ministère, à l'adresse http://strategis.gc.ca.

Prière d'adresser tout commentaire à :

Someshwar Rao
Directeur
Analyse des investissements stratégiques
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 941-8187; téléc. : (613) 991-1261; courriel : rao.someshwar@ic.gc.ca

Table des matières

COLLABORATEURS *i*

PRÉFACE *iii*

1. INTRODUCTION *1*

   Dale W. Jorgenson et Frank C. Lee

2. HAUSSER LA LIMITE DE VITESSE : LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE AUX ÉTATS-UNIS À L'ÈRE DE L'INFORMATION *5*

   Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

   Introduction *5*
   Le profil récent de la croissance aux États-Unis *9*
   Sources de la croissance économique *10*
   La production *13*
   Stock de capital et services du capital *15*
   La mesure des services du travail *22*
   Quantifier les sources de la croissance *23*
   Autres estimations de la mesure de la croissance *39*
   Décomposition de la croissance de la PTF *45*
   Fixer la limite de vitesse *49*
   Bref aperçu des méthodologies de prévision *49*
   Les projections de croissance du Congressional Budget Office *51*
   Évaluation des projections du Congressional Budget Office *55*
   Productivité au niveau de l'industrie *58*
   Méthodologie *59*
   Sources de données *61*
   Résultats empiriques 63
   Conclusion 76
   Notes *80*
   Annexe : Extrapolation à 1999 *87*

3. LA CROISSANCE ÉCONOMIQUE ET LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DANS L'INDUSTRIE CANADIENNE *89*

Wulong Gu, Frank C. Lee et Jianmin Tang

Introduction *89*
Méthodologie *90*
Données *93*
Données sur l'intrant capital 93
Données sur l'intrant travail 96
Données sur les intrants et la croissance de la PTF par secteur *98*
Croissance de la production et de la PTF 98
Croissance des intrants et contribution à la croissance de la production 100
Croissance de la qualité des intrants capital et travail 104
Sources de croissance de la production et de la productivité du travail dans le secteur des entreprises privées *105*
Conclusion *109*
Notes *111*
Annexe : Tableaux détaillés par industrie *112*

4. COMPARAISON DE LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ INDUSTRIELLE AU CANADA ET AUX ÉTATS-UNIS *137*

Wulong Gu et Mun S. Ho

Introduction *137*
Méthodologie *138*
Données *143*
Données sur les intrants intermédiaires 144
Données sur l'intrant travail 144
Données sur l'intrant capital 145
Croissance de la production et croissance de la productivité *146*
Secteur des entreprises privées 147
Comparaison entre 33 industries 148
Conclusion *168*
Notes *169*
Annexe A : Concordance des industries canadiennes et américaines *171*
Annexe B : Sources de croissance de la production selon les données sur le stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada *173*

5. NIVEAUX DE PRODUCTIVITÉ ET COMPÉTITIVITÉ INTERNATIONALE DU CANADA ET DES ÉTATS-UNIS *175*

Frank C. Lee et Jianmin Tang

Introduction *175*
Parités du pouvoir d'achat pour la production et les intrants *176*
Parités du pouvoir d'achat pour la production 177
Parités du pouvoir d'achat pour les intrants intermédiaires 178
Parités du pouvoir d'achat pour l'intrant capital 178
Parités du pouvoir d'achat pour l'intrant travail 180
Sommaire des parités du pouvoir d'achat du Canada et des États-Unis, 1993 180
Niveaux relatifs de productivité *183*
Compétitivité des industries canadiennes et américaines *187*
Différences de productivité et de compétitivité internationale entre le Canada et les États-Unis dans le secteur des entreprises privées *194*
Sommaire et conclusion *195*
Notes *197*
Annexe : Qualité des intrants capital et travail et niveaux relatifs de la PTF *199*

APPENDICE A : ESTIMATION DE LA PRODUCTION AUX ÉTATS-UNIS *203*

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

APPENDICE B : ESTIMATION DES SERVICES DU CAPITAL AUX ÉTATS-UNIS *207*

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

Méthodologie d'estimation des services du capital *207*
Données sur l'investissement et le capital *213*
Notes *224*

APPENDICE C : ESTIMATION DE L'INTRANT TRAVAIL 225

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

Méthodologie de mesure de l'intrant travail 225
Données sur le travail 227
Note 228

APPENDICE D : ESTIMATION DE LA PRODUCTIVITÉ AU NIVEAU DE L'INDUSTRIE AUX ÉTATS-UNIS 231

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

Notes 232

APPENDICE E : MESURE DE LA QUANTITÉ ET DU COÛT DE L'INTRANT CAPITAL AU CANADA 233

Wulong Gu et Frank C. Lee

Introduction 233
Méthodologie de mesure de la qualité et du coût de l'intrant capital 235
Estimation de l'intrant capital 235
Estimation du stock de capital et du coût des services du capital 237
Sources de données 239
Résultats empiriques 243
Conclusion 250
Notes 251

APPENDICE F : ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION DE LA MAIN-D'ŒUVRE AU CANADA, 1961-1995 253

Wulong Gu et Jean-Pierre Maynard

Introduction 253
Méthode de construction des indices de l'intrant travail 254

Sources de données et construction des données 257
Matrices des heures travaillées par année 258
Matrices des gains annuels des travailleurs 261
Résultats empiriques 263
Tendances des heures travaillées 263
Indices de l'intrant travail et de la qualité du travail 268
Conclusion 272
Notes 273

APPENDICE G : ESTIMATIONS DU STOCK DE CAPITAL NET ET PROFILS DE DÉPRÉCIATION AU CANADA : COMPARAISON ENTRE LES SÉRIES DE DONNÉES ACTUELLES ET UNE SÉRIE EXPÉRIMENTALE FONDÉE SUR LA MÉTHODOLOGIE DU BEA POUR LES ÉTATS-UNIS 275

Peter Koumanakos, Richard Landry, Kuen Huang et Susanna Wood

Introduction 275
Méthodologie actuelle 276
Stocks bruts et mises hors service 276
Stocks nets et dépréciation 277
Dépréciation géométrique dans les mesures actuelles 280
Méthodologie de dépréciation géométrique de type BEA 280
Comparaisons 286
Notes 291

BIBLIOGRAPHIE 293

PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA 303

Collaborateurs

Wulong Gu
Industrie Canada

Kuen Huang
Statistique Canada

Mun S. Ho
Université Harvard

Dale W. Jorgenson
Université Harvard

Peter Koumanakos
Statistique Canada

Richard Landry
Statistique Canada

Frank C. Lee
OCDE (auparavant d'Industrie Canada)

Jean-Pierre Maynard
Statistique Canada

Kevin J. Stiroh
Federal Reserve Bank de New York

Jianmin Tang
Industrie Canada

Susanna Wood
Statistique Canada

Préface

L'OBJET DE LA PRÉSENTE MONOGRAPHIE est d'éclairer les relations économiques entre le Canada et les États-Unis. Pour atteindre cet objectif, nous présentons des comparaisons détaillées des tendances de la productivité et des niveaux de la production, des intrants et de la productivité par industrie dans les deux pays. Ces comparaisons sont fondées sur les parités du pouvoir d'achat pour la production et les intrants et découlent d'une méthodologie commune. Si ces estimations ont un caractère préliminaire, elles renferment la meilleure information couramment disponible sur les déterminants du niveau de vie relatif et de la croissance économique dans les deux pays.

Cette monographie reflète les opinions des auteurs, mais non nécessairement celles d'Industrie Canada ou des institutions auxquelles ils sont affiliés. Nous voudrions exprimer notre reconnaissance à Statistique Canada, au Bureau of Labor Statistics (BLS) et au Bureau of Economic Analysis (BEA) des États-Unis pour nous avoir accordé des consultations et donné accès à des données. En particulier, les auteurs voudraient remercier Katharine Kemp, de Statistique Canada, qui a fourni des données bilatérales sur les prix des produits de base, ainsi que Bruce Grimm et Dave Wasshausen, du BEA, qui ont fourni des détails sur les données du BEA concernant l'investissement et les prix.

Nous sommes reconnaissants envers Bob Arnold du Congressional Budget Office (CBO), pour ses commentaires et discussions utiles des résultats et méthodes du CBO. Nous remercions Erwin Diewert (Université de la Colombie-Britannique), Steve Oliner (Federal Reserve Board), Dan Sichel (Federal Reserve Board), ainsi que les participants au séminaire de la Federal Reserve Bank de New York pour leurs commentaires et discussions utiles sur le chapitre 2. Dave Fiore a fourni une excellente collaboration au niveau de la recherche qui sous-tend le chapitre 2. Nous sommes également redevables à Erwin Diewert (Université de la Colombie-Britannique), René Durand (Industrie Canada), Rick Harris (Université Simon Fraser), Jeremy Rudin (Finances Canada) et Larry Rosenblum (U.S. Bureau of Labor Statistics) pour

leurs commentaires utiles sur les chapitres 3, 4 et 5. Enfin, nous aimerions remercier Masahiro Kuroda (Université Keio) et Kun-Young Yun (Université Yonsei) pour leurs commentaires utiles.

Derniers mais non les moindres, nous aimerions exprimer nos remerciements à Serge Nadeau et à Someshwar Rao, d'Industrie Canada, pour leur soutien indéfectible tout au long du présent projet. Enfin, nous aimerions aussi remercier Denis Gauthier qui a appuyé ce projet à l'origine. Cependant, les auteurs demeurent seuls responsables de toute erreur ou omission restante.

Introduction 1

Dale W. Jorgenson et Frank C. Lee

L'UN DES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE LA POLITIQUE ÉCONOMIQUE que partagent le Canada et les États-Unis est de maintenir un niveau de vie élevé et en croissance. Les deux pays ont obtenu un succès remarquable dans ce domaine et se classent parmi les premiers pays au monde sur le plan de la performance économique. Le premier objectif de la présente monographie est de quantifier les sources de la croissance économique au niveau de l'industrie au Canada et aux États-Unis. Le second objectif est d'évaluer la compétitivité relative des industries canadiennes et américaines.

Dans le chapitre 2, Jorgenson et Stiroh s'intéressent au regain récent de la croissance économique aux États-Unis. Ils attribuent la hausse du taux de croissance économique observée aux États-Unis depuis 1995 à une poussée de l'investissement dans les ordinateurs, les logiciels et le matériel de communications, ainsi qu'à un bond du taux de croissance de la productivité totale des facteurs (PTF). La productivité moyenne du travail (PMT) a progressé de 0,95 p. 100 plus rapidement, par année, entre 1995 et 1998 qu'entre 1990 et 1995. La contribution de la croissance plus rapide de la PTF a été de 0,72 p. 100 par année, tandis que celle de l'intensification du capital a été de 0,34 p. 100 par année. Ces hausses compensent le léger déclin du taux d'amélioration de la qualité du travail au fur et à mesure que s'épuisait le bassin de main-d'œuvre disponible.

Au chapitre 3, Wulong Gu, Frank Lee et Jianmin Tang adoptent les indices de qualité constante des intrants capital et travail utilisés au chapitre 2 pour chacune des 122 industries étudiées au Canada. La gamme des catégories d'actif n'est pas aussi détaillée que pour les États-Unis. Les auteurs en examinent seulement cinq : les machines et le matériel (M et M), les bâtiments, les ouvrages de génie, les terrains et les stocks. Cependant, du côté de l'intrant travail, les travailleurs sont classés selon deux sexes, trois catégories d'emploi, sept groupes d'âge et quatre niveaux de scolarité, pour un total de 168 catégories. Au niveau agrégé, le même cadre est adopté en

consolidant le stock de capital pour les différentes catégories d'actif et les heures travaillées pour les différentes catégories de travailleurs.

Les résultats montrent que la croissance de la production dans le secteur commercial privé au Canada a ralenti, passant d'un taux annuel de 5,6 p. 100 au cours de la période 1961-1973 à 3,3 p. 100 au cours de la période 1973-1988 et à 1,5 p. 100 au cours de la période 1988-1995. La croissance de la PTF est à l'origine d'environ 46 p. 100 de la croissance de la production observée durant la période 1961-1973 et de 22 p. 100 et 26 p. 100, respectivement, au cours des périodes 1973-1988 et 1988-1995. Simultanément, plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production observé entre la première et la seconde période est attribuable au fléchissement de la croissance de la PTF. Par ailleurs, plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production observé entre 1973-1988 et 1988-1995 provient du ralentissement de la croissance des intrants capital et travail. Le fléchissement de la croissance du stock de capital et des heures travaillées est le principal facteur responsable du ralentissement de la croissance des intrants entre les deux dernières périodes.

Dans la majorité des 122 industries étudiées dans ce chapitre, la croissance des intrants a été une source dominante de croissance de la production au cours des périodes 1961-1973 et 1973-1988. Cependant, au cours de la période 1988-1995, la croissance de la PTF a été à l'origine de plus de la moitié de la croissance de la production dans un peu plus de la moitié de ces industries, principalement en raison du ralentissement plus rapide de la croissance des intrants que de la croissance de la productivité entre 1973-1988 et 1988-1995.

Au chapitre 4, Wulong Gu et Mun Ho comparent la croissance de la production au Canada et aux États-Unis dans 33 industries. Ils procèdent d'abord à l'agrégation de l'intrant capital dans les deux pays en quatre catégories d'actif (M et M, structures, terrains et stocks) afin de rendre comparables les données utilisées dans l'étude. Les auteurs n'utilisent pas les données pour les États-Unis qui incorporent la révision de référence la plus récente des comptes nationaux du revenu et de la production pour ce pays aux fins de la comparaison entre le Canada et les États-Unis. Les importantes révisions apportées aux États-Unis n'ont pas encore été effectuées dans les comptes nationaux du revenu et de la production au Canada.

Les résultats indiquent que le taux moyen de croissance de la production au Canada a été plus élevé qu'aux États-Unis dans presque toutes les industries avant 1988. Par la suite, la croissance de la production au Canada a été légèrement inférieure à celle observée aux États-Unis. Du côté de la productivité, on observe un important rattrapage des industries canadiennes vers les niveaux de productivité des industries américaines durant la période 1961-1973. Après 1973, la productivité des industries canadiennes a progressé à un taux comparable à celui des industries américaines. La croissance des intrants ressort comme étant la source dominante de croissance de la production au niveau sectoriel, la croissance de la productivité n'ayant fourni qu'environ 20 p. 100 de la croissance de la production dans les deux pays durant toute cette période.

Dans le dernier chapitre, Frank Lee et Jianmin Tang s'intéressent à la compétitivité internationale des industries canadiennes et américaines. Ils estiment d'abord des parités de pouvoir d'achat bilatérales Canada-États-Unis pour la production et les intrants, par industrie, à partir de données bilatérales sur les prix des produits de base au Canada et aux États-Unis tirées de Jorgenson et Kuroda (1995). En 1995, plus de la moitié des industries canadiennes étaient plus compétitives que leurs rivales américaines. Cependant, la position concurrentielle des industries canadiennes est menacée par des prix plus élevés pour l'intrant capital et des niveaux inférieurs de PTF. Les prix de l'intrant capital étaient plus élevés au Canada qu'aux États-Unis dans 27 des 33 industries étudiées, tandis que les niveaux de PTF étaient inférieurs au Canada, comparativement aux États-Unis, dans 23 de ces 33 industries. Contrairement aux prix de l'intrant capital, toutes les industries canadiennes ont profité d'un avantage sur les industries américaines correspondantes au niveau des coûts de main-d'œuvre. Enfin, la plupart des industries canadiennes payaient à peu près le même prix pour leurs intrants intermédiaires que les industries américaines.

Hausser la limite de vitesse : La croissance économique aux États-Unis à l'ère de l'information

2

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

2.1 Introduction

LA VIGUEUR ET LA VITALITÉ continues de l'économie américaine ne cessent d'étonner les prévisionnistes[1]. Un consensus se dessine autour du fait qu'un changement fondamental s'est produit, les partisans de la « nouvelle économie » pointant du doigt la technologie de l'information comme facteur à l'origine de la solide performance de l'économie américaine. Selon ce point de vue, la technologie modifie en profondeur la nature des entreprises, entraînant en permanence une croissance plus rapide de la productivité dans l'ensemble de l'économie. Les sceptiques affirment par ailleurs que les succès récents traduisent une série de chocs favorables, mais de nature temporaire. Cet argument est renforcé par la perception d'une économie américaine qui se comporte plutôt différemment de celle envisagée par les tenants de la nouvelle économie[2].

Alors que la croissance de la productivité, l'accumulation du capital et l'incidence de la technologie étaient des sujets autrefois réservés aux débats entre universitaires, la forte performance récente de l'économie américaine en a fait des sujets à la mode. La présente étude vise à analyser, à l'aide de méthodes familières et éprouvées, de nouvelles données importantes rendues disponibles par la révision de référence apportée récemment aux U.S. National Income and Product Accounts (NIPA). Nous étayons l'argument en faveur d'un relèvement de la limite de vitesse — une révision à la hausse des projections de la croissance à moyen terme afin de tenir compte des dernières données et tendances.

La fin des années 90 s'est avérée exceptionnelle en comparaison de la croissance observée de l'économie américaine au cours du dernier quart de siècle. Si les taux de croissance durant les années 90 n'ont pas encore atteint les niveaux de la période faste qu'a connue l'économie des États-Unis dans les années 60, les données n'en révèlent pas moins clairement une transformation remarquable de l'activité économique. La chute rapide des prix

des ordinateurs et des semi-conducteurs est bien connue et documentée et les données montrent de plus en plus des baisses semblables dans les prix des logiciels et du matériel de communications. Malheureusement, le dossier empirique demeure très incomplet, de sorte que beaucoup reste à faire avant de pouvoir produire des évaluations quantitatives définitives de toutes les facettes du rôle joué par ces biens de haute technologie.

En dépit des limitations des données disponibles, les mécanismes responsables de la transformation structurelle de l'économie américaine ressortent de façon manifeste. Prenons, par exemple, le rôle croissant joué par le matériel informatique en tant que source de croissance économique[3]. Au cours de la période 1959-1973, les intrants informatiques ont été à l'origine de seulement un dixième d'un pour cent de la croissance économique aux États-Unis. Mais, depuis 1973, le prix des ordinateurs a chuté à des taux sans précédent, et les entreprises et les ménages se sont comportés conformément à un principe fondamental de l'économique — ils ont opéré une substitution en faveur des intrants relativement moins coûteux. Depuis 1995, la baisse des prix des ordinateurs s'est accélérée, atteignant près de 28 p. 100 annuellement entre 1995 et 1998. En réaction, l'investissement dans les ordinateurs a explosé et la contribution de ces machines à la croissance a plus que quintuplé pour atteindre 0,46 point de pourcentage par année à la fin des années 90[4]. Les logiciels et le matériel de communications, qui sont deux autres biens associés à la technologie de l'information, ont fourni une contribution supplémentaire de 0,30 point de pourcentage par année entre 1995 et 1998. Les estimations préliminaires pour 1999 révèlent une hausse supplémentaire de la contribution attribuable à chacune de ces trois catégories de biens de haute technologie.

Prenons, ensuite, l'accélération de la croissance de la productivité moyenne du travail (PMT) durant les années 90. Après avoir ralenti pendant une vingtaine d'années à compter du début des années 70, la PMT a crû de 2,4 p. 100 annuellement entre 1995 et 1998, soit un taux d'un point de pourcentage plus élevé qu'au cours de la période 1990-1995[5]. Une décomposition détaillée montre que l'intensification du capital, qui est une conséquence directe de la substitution induite par les baisses de prix et du rythme rapide d'investissement, a fait une contribution de 0,49 point de pourcentage à la croissance de la PMT. Une croissance plus rapide de la productivité totale des facteurs (PTF) a fourni une contribution supplémentaire de 0,63 point de pourcentage, traduisant pour l'essentiel le changement technologique survenu dans la production des ordinateurs et l'accélération concomitante de la baisse des prix de ces appareils. Le ralentissement de la croissance de la qualité du travail a

fait fléchir la croissance de la PMT de 0,12 point de pourcentage par rapport à la situation observée au début des années 90, une conséquence de l'épuisement du bassin de travailleurs disponibles.

En examinant plus précisément la croissance de la PTF, on peut constater que celle-ci a langui au niveau anémique de 0,34 p. 100 annuellement entre 1973 et 1995, mais qu'elle a accéléré pour atteindre 0,99 p. 100 entre 1995 et 1998. Après plus d'une vingtaine d'années de croissance léthargique de la PTF, quatre des cinq dernières années ont été marquées par des taux de croissance de près de 1 p. 100. On peut faire valoir que cela constitue un nouveau paradigme. Selon ce point de vue, la diffusion de la technologie de l'information améliore les pratiques des entreprises, elle engendre des retombées et hausse la productivité dans l'ensemble de l'économie. Si cette tendance se maintient, elle pourrait raviver les attentes optimistes des années 60 et faire contrepoids au pessimisme qui empreint *The Age of Diminished Expectations*, le titre de l'ouvrage influant de Krugman (1990).

Un examen plus attentif des données montre toutefois que les gains enregistrés dans la croissance de la PTF peuvent être attribués, en bonne partie, aux industries de la technologie de l'information, c'est-à-dire celles qui produisent les ordinateurs, les semi-conducteurs et les autres types de matériel de haute technologie. Les données montrent tout aussi clairement que les industries qui utilisent l'ordinateur, par exemple les finances, les assurances et l'immobilier (FAI) et les services affichent toujours une faible croissance de la productivité. La conciliation de l'investissement massif en haute technologie et de la croissance relativement lente de la productivité dans les industries de services demeure un important défi à relever pour les partisans de la nouvelle économie[6].

Qu'est-ce que cela signifie pour l'avenir? La durabilité de la croissance de la productivité du travail est la question fondamentale qui sous-tend les projections de la croissance future. À certaines fins, les distinctions faites entre l'accumulation du capital et la croissance de la qualité du travail et la PTF peuvent ne pas avoir d'importance, si l'on s'attend à ce que la croissance de la PMT se poursuive. Après tout, ce sont les gains de productivité du travail durables qui déterminent la croissance à long terme et contribuent à hausser le niveau de vie.

À cet égard, l'expérience récente nous incite à la prudence puisque la conjoncture repose en bonne partie sur les gains de productivité enregistrés

dans les industries de haute technologie. Les progrès technologiques constants dans ces secteurs ont été une source directe d'amélioration de la croissance de la PTF, ainsi qu'une source indirecte d'intensification plus rapide du capital. Par conséquent, la durabilité de la croissance dépend de façon critique du rythme du progrès technologique dans ces industries. Mesuré par les changements de prix relatifs, le progrès s'est accéléré récemment, les prix des ordinateurs chutant de 28 p. 100 annuellement entre 1995 et 1998, comparativement à 15 p. 100 entre 1990 et 1995. Bien entendu, il n'y a aucune garantie que les gains de productivité et les baisses de prix continueront à ce rythme. Néanmoins, aussi longtemps que les industries de haute technologie demeureront capables d'innover et d'améliorer leur productivité à des taux comparables à leur moyenne à long terme, les prix relatifs chuteront et le cercle vertueux d'une expansion fondée sur l'investissement se poursuivra[7].

Enfin, nous affirmons que les avantages découlant de la technologie nouvelle profitent à ceux qui y participent directement : en premier lieu, les industries innovatrices qui produisent des biens de haute technologie et, en second lieu, les industries qui se restructurent pour mettre en place la technologie de l'information la plus récente. Il n'y a pas d'indication de retombées de la production de technologie de l'information vers les industries qui utilisent cette technologie. De fait, de nombreuses industries parmi celles qui utilisent la technologie de l'information le plus intensément, par exemple les FAI et les services, montrent simultanément des taux élevés de substitution de la technologie de l'information aux autres intrants et des taux relativement faibles de croissance de la productivité. En partie, cela pourrait traduire des problèmes de mesure de la production dans ces industries, mais les données empiriques ne fournissent que peu d'appui à la vision de la « nouvelle économie », qui suppose des retombées allant des producteurs de la technologie de l'information vers les utilisateurs de cette technologie[8].

Le présent chapitre est structuré de la façon suivante. À la section 2, nous décrivons notre méthodologie de quantification des sources de la croissance économique aux États-Unis. Nous présentons des résultats pour la période 1959-1998 en portant une attention particulière à l'ère de la « nouvelle économie » de la fin des années 90. À la section 3, nous explorons les conséquences de l'expérience récente pour la croissance future, en comparant nos résultats aux estimations récentes publiées par le Congressional Budget Office (CBO), le Council of Economic Advisers (CEA) et l'Office of Management and Budget (OMB). À la section 4, nous allons au-delà des données agrégées pour quantifier la croissance de la productivité au niveau de l'industrie. En utili-

sant une méthodologie élaborée par Domar (1961), nous examinons l'incidence de la technologie de l'information sur la productivité globale. Nous présentons nos conclusions à la section 5.

2.2 Le profil récent de la croissance aux États-Unis

L'ÉCONOMIE DES ÉTATS-UNIS A SUBI une transformation remarquable au cours des dernières années, la croissance de la production, de la productivité du travail et de la productivité totale des facteurs s'accélérant depuis le milieu des années 90. Cette reprise de la croissance a engendré un débat de plus en plus étendu au sujet des sources de la croissance économique et des changements survenus dans la structure de l'économie. Les partisans de la « nouvelle économie » imputent ces changements aux progrès de la technologie de l'information, en particulier la commercialisation rapide d'Internet, qui ont modifié fondamentalement l'activité économique. Les tenants de la « vieille économie » mettent l'accent sur la piètre performance observée au cours de la première moitié des années 90, l'augmentation de la participation à la population active et le déclin rapide du chômage depuis 1993, ainsi que la récente vague d'investissement.

Notre objectif est de quantifier les sources de la poussée récente de la croissance économique aux États-Unis à l'aide de nouveaux renseignements publiés à la faveur de la révision de référence des U.S. National Income and Product Accounts (NIPA) en octobre 1999 (BEA, 1999). Nous examinons ensuite les conséquences de nos résultats en regard des projections de la croissance économique aux États-Unis à moyen terme. Nous accordons une attention particulière à l'escalade rapide des taux de croissance qui ressortent des projections officielles, par exemple celles du Congressional Budget Office et du Council of Economic Advisers. Les projections du CBO conviennent tout spécialement à nos fins parce qu'elles sont largement diffusées et bien documentées et qu'elles représentent la « meilleure méthode » en usage. Nous ne traitons pas de la question de l'inflation ni ne faisons de commentaire sur les répercussions éventuelles au niveau de la politique monétaire.

2.2.1 Sources de la croissance économique

Notre méthodologie est fondée sur la notion de frontière des possibilités de production proposée par Jorgenson (1966) et employée par Jorgenson et Griliches (1967). Cette notion saisit les substitutions entre les produits des biens d'investissement et de consommation et entre les intrants capital et travail. Nous associons la *technologie de l'information* (TI) aux investissements en ordinateurs, logiciels et matériel de communications, ainsi qu'à la consommation d'ordinateurs et de logiciels en tant que produits. Les flux de services découlant de ces biens sont également des intrants. La fonction de production globale employée par Solow (1957, 1960) et, plus récemment, par Greenwood, Hercowitz et Krusell (1997) représente une solution de rechange à notre modèle. Selon cette approche, un produit unique est exprimé en tant que fonction des intrants capital et travail. Cela suppose implicitement que les investissements en technologie de l'information sont des substituts parfaits des autres produits, de sorte que les prix relatifs ne changent pas.

Notre méthodologie est essentielle pour saisir deux faits importants sur lesquels il y a un consensus général. Le premier est que les prix des ordinateurs ont baissé de façon spectaculaire par rapport à ceux des autres biens d'investissement. Le second est que le rythme auquel ces prix baissent s'est récemment accéléré. En outre, les estimations des investissements en logiciels, maintenant disponibles dans les NIPA, sont comparables aux investissements en matériel informatique. Les nouvelles données montrent que le prix des logiciels a chuté par rapport aux prix des autres biens d'investissement, mais plus lentement que le prix du matériel. Nous examinons plus en détail les estimations de l'investissement en logiciels afin d'évaluer le rôle joué par les logiciels dans la croissance économique récente. Enfin, nous nous intéressons à l'investissement en matériel de communications, qui partage de nombreuses caractéristiques technologiques avec le matériel informatique.

2.2.1.a Frontière des possibilités de production

La production globale, Y_t, consiste en biens d'investissement, I_t, et en biens de consommation, C_t. Ces biens sont fabriqués à partir d'un intrant agrégé, X_t, constitué des services du capital, K_t, et des services du travail, L_t. Nous représentons la productivité sous la forme d'une augmentation de l'intrant agrégé, A_t, « neutre dans la perspective de Hicks »[9] :

(1) $$Y(I_t,C_t) = A_t \cdot X(K_t,L_t).$$

Les produits des biens d'investissement et de consommation et les intrants correspondant aux services du capital et du travail sont eux-mêmes des agrégats, chacun constitué de nombreux éléments.

Dans l'hypothèse de marchés concurrentiels pour les produits et les intrants et de rendements d'échelle constants, la comptabilité de la croissance nous permet de voir la croissance des produits, pondérée par les parts respectives, comme étant la somme de la croissance pondérée des intrants et de la croissance de la *productivité totale des facteurs* (PTF) :

$$(2) \qquad \overline{w}_{I,t}\Delta \ln I_t + \overline{w}_{C,t}\Delta \ln C_t = \overline{v}_{K,t}\Delta \ln K_t + \overline{v}_{L,t}\Delta \ln L_t + \Delta \ln A_t ,$$

où $\overline{w}_{I,t}$ est la part moyenne de l'investissement dans la production nominale, $\overline{w}_{C,t}$ est la part moyenne de la consommation dans la production nominale, $\overline{v}_{K,t}$ la part moyenne du capital dans le revenu nominal, $\overline{v}_{L,t}$ la part moyenne du travail dans le revenu nominal, $\overline{w}_{I,t} + \overline{w}_{C,t} = \overline{v}_{K,t} + \overline{v}_{L,t} = 1$, et Δ signifie une différence première. À noter que nous réservons l'expression *productivité totale des facteurs* pour le facteur d'augmentation dans l'équation (1).

L'équation (2) nous permet d'identifier les contributions des produits et des intrants à la croissance économique. Ainsi, nous pouvons quantifier les contributions des différents investissements, par exemple en ordinateurs, en logiciels et en matériel de communications, à la croissance de la production en décomposant la croissance de l'investissement en ses divers éléments. De même, nous pouvons quantifier les contributions des différents types de consommation, par exemple les services découlant des ordinateurs et des logiciels, en décomposant la croissance de la consommation. Tel qu'indiqué dans Jorgenson et Stiroh (1999), tant l'investissement en ordinateurs que la consommation de TI ont fait une contribution importante à la croissance économique aux États-Unis durant les années 90. Nous examinons également les contributions de la production de logiciels et de matériel de communications en tant que biens de haute technologie distincts. De même, nous décomposons la contribution de l'intrant capital afin d'isoler l'incidence des ordinateurs, des logiciels et du matériel de communications sur la croissance des intrants.

En restructurant l'équation (2), nous pouvons présenter les résultats en termes de croissance de la *productivité moyenne du travail* (PMT), définie ainsi : $y_t=Y_t/H_t$, où Y_t est la production, correspondant à l'agrégation des biens de consommation et d'investissement; $k_t=K_t/H_t$ est le ratio des services du capital aux heures travaillées, H_t :

$$(3) \qquad \Delta \ln y_t = \overline{v}_{K,t} \Delta \ln k_t + \overline{v}_{L,t} (\Delta \ln L_t - \Delta \ln H_t) + \Delta \ln A_t .$$

Cela donne la répartition familière de la croissance de la PMT entre trois facteurs. Le premier est l'*intensification du capital*, soit la croissance des services du capital par heure de travail. L'intensification du capital rend les travailleurs plus productifs en leur permettant de disposer de plus de capital pour chaque heure de travail et elle hausse la croissance de la PMT en proportion de la part du capital. Le second terme est l'amélioration de la *qualité du travail*, définie comme étant la différence entre les taux de croissance de l'intrant travail et du nombre d'heures travaillées. Traduisant la proportion croissante d'heures fournies par des travailleurs ayant un produit marginal plus élevé, l'amélioration de la qualité du travail hausse la croissance de la PMT proportionnellement à la part de l'intrant travail. Le troisième facteur est la croissance de la *productivité totale des facteurs* (PTF), qui hausse en proportion directe la croissance de la PMT.

2.2.1.b Ordinateurs, logiciels et matériel de communications

Examinons maintenant l'incidence de l'investissement en ordinateurs, en logiciels et en matériel de communications sur la croissance économique. À cette fin, nous devons prendre soin de faire la distinction entre l'*utilisation* de la technologie de l'information et la *production* de la technologie de l'information[10]. Ainsi, les ordinateurs sont eux-mêmes le produit d'une industrie (l'industrie de la production des ordinateurs, qui fait partie du secteur des machines commerciales et industrielles), et les services d'informatique sont les intrants d'autres industries (celles qui utilisent l'informatique, telles le commerce, les FAI et les services).

Les augmentations spectaculaires de la puissance de calcul, comme celles survenues dans l'économie américaine, traduisent donc deux effets qui s'exercent sur la croissance. Premièrement, à mesure que la production des ordinateurs s'améliore et devient plus efficiente, une plus grande puissance de calcul est produite à partir des mêmes intrants. Cela hausse la productivité

globale dans l'industrie de la production des ordinateurs et contribue à la croissance de la PTF dans l'ensemble de l'économie. La productivité du travail augmente aussi tant au niveau de l'industrie qu'au niveau de l'économie[11].

Deuxièmement, l'accumulation rapide des ordinateurs suscite une croissance des intrants associée à la puissance de calcul dans les industries qui utilisent l'informatique. Étant donné que la main-d'œuvre travaille avec plus de matériel informatique de meilleure qualité, cet investissement accroît la productivité du travail. Si les contributions à la production sont captées par l'effet de l'intensification du capital, la croissance globale de la PTF demeure inchangée. Comme l'ont fait remarquer Baily et Gordon (1988), il n'y a pas de déplacement dans la fonction de production de l'entreprise utilisatrice (p. 378) et, ainsi, aucun gain au niveau de la PTF. Le déploiement accru des ordinateurs hausse la PTF uniquement s'il y a des retombées de la production des ordinateurs vers la production des industries qui utilisent l'ordinateur, ou encore s'il y a des problèmes de mesure touchant les nouveaux intrants.

Nous en concluons que la croissance rapide de la puissance de calcul influe sur la production globale à la fois par le jeu de la croissance de la PTF et de l'intensification du capital. Les progrès de la technologie de la production des ordinateurs contribuent à la croissance de la PTF et de la PMT au niveau agrégé. L'accumulation de la puissance de calcul dans les industries qui utilisent l'ordinateur traduit la substitution d'ordinateurs aux autres intrants et stimule la croissance de la PMT. En absence de retombées, celle-ci ne contribue pas à la croissance de la PTF.

Le reste de la présente section renferme les estimations empiriques des variables des équations (1) à (3). Nous employons ensuite les équations (2) et (3) pour quantifier les sources de la croissance de la production et de la PMT au cours de la période 1959-1998 et de diverses sous-périodes.

2.2.2 La production

Nos données sur la production sont fondées sur la révision de référence la plus récente des NIPA[12]. La production réelle, Y_t, est mesurée en dollars chaînés de 1996, et $P_{Y,t}$ est le déflateur implicite correspondant. Notre notion de la production est semblable, mais non identique, à l'une de celles utilisées par le programme de la productivité du Bureau of Labor Statistics (BLS). À l'instar du BLS, nous excluons le secteur gouvernemental mais, contrairement à cet

organisme, nous incluons des imputations pour les flux de services associés aux biens de consommation durables (CD) et aux logements de type propriétaire-occupant. Ces imputations sont nécessaires afin de préserver la comparabilité entre les biens durables et le logement; elles nous permettent aussi de saisir l'impact important de la technologie de l'information sur les ménages.

Notre estimation de la production privée, en dollars courants pour 1998, est de 8 013 milliards de dollars, y compris des imputations de 740 milliards de dollars qui traduisent principalement les services associés aux biens de consommation durables[13]. La croissance de la production réelle a été de 3,63 p. 100 sur l'ensemble de la période, comparativement à 3,36 p. 100 pour les séries officielles sur le PIB. La différence traduit à la fois nos imputations et notre exclusion du secteur gouvernemental des données des NIPA. Le tableau A.1, à l'appendice A, montre la valeur en dollars courants et l'indice des prix correspondant pour la production totale et les biens de TI — l'investissement en ordinateurs, I_c, l'investissement en logiciels, I_s, l'investissement en matériel de communications, I_m, la consommation d'ordinateurs et de logiciels, C_c, et le flux de services des ordinateurs et des logiciels utilisés par les consommateurs, D_c.

L'aspect le plus frappant qui ressort de ces données est la baisse de prix considérable de l'investissement en ordinateurs — 18 p. 100 par année entre 1960 et 1995 (figure 2.1). Depuis 1995, cette baisse s'est accélérée pour atteindre 27,6 p. 100 par année. Par contre, le prix relatif des logiciels est demeuré stable pour une bonne partie de la période et n'a commencé à baisser qu'à la fin des années 80. Le prix du matériel de communications s'est comporté à peu près de la même façon que le prix des logiciels, tandis que la consommation d'ordinateurs et de logiciels montre une tendance à la baisse semblable à celle de l'investissement en ordinateurs. La partie supérieure du tableau 2.1 donne un aperçu des taux de croissance des prix et des quantités des principales catégories de produits pour les périodes 1990-1995 et 1995-1998.

Pour ce qui est de la production exprimée en dollars courants, l'investissement en logiciels est le plus important élément d'actif de TI, suivi par l'investissement en ordinateurs et l'investissement en matériel de communications (figure 2.2). Même si les investissements des entreprises en ordinateurs, en logiciels et en matériel de communications sont, de loin, les plus importantes catégories, les ménages ont dépensé plus de 20 milliards de dollars annuellement en ordinateurs et en logiciels depuis 1995, engendrant un flux de services d'un ordre de grandeur comparable.

2.2.3 Stock de capital et services du capital

Dans cette section, nous présentons nos estimations du capital pour l'économie des États-Unis au cours de la période 1959-1998[14]. À partir des données sur l'investissement du Bureau of Economic Analysis, nous estimons les stocks de capital à l'aide de la méthode de l'inventaire permanent et les stocks de capital agrégés en utilisant les prix de location comme facteurs de pondération. Cette approche, élaborée par Jorgenson et Griliches (1967), est axée sur l'identification des prix de location aux produits marginaux de différentes formes de capital. Nos estimations de ces prix tiennent compte des différences de prix des éléments d'actif, de la durée de service et des taux de dépréciation, ainsi que du traitement fiscal du revenu du capital[15].

Nous interprétons la différence entre la croissance des services du capital et celle du stock de capital comme étant la croissance de la *qualité du capital*, $q_{K,t}$, qui représente une substitution vers des biens ayant des produits marginaux plus élevés[16]. À titre d'exemple, le déplacement vers la TI accroît la qualité du capital parce que les ordinateurs, les logiciels et le matériel de communications sont des biens dont les produits marginaux sont relativement élevés. Les estimations du stock de capital, à l'instar de celles employées à l'origine par Solow (1957), ne tiennent pas compte de cette amélioration de la qualité.

Nous employons une définition élargie du capital qui englobe les éléments d'actif matériels tels que l'équipement et les structures, ainsi que les biens de consommation durables, les terrains et les stocks. Nous estimons un flux de services pour le stock installé de biens de consommation durables, qui entre dans nos mesures de la production et des intrants. Il est essentiel d'inclure ce flux de services puisque, dans une proportion en hausse constante, il est associé aux investissements en TI dans le secteur des ménages. Afin de saisir l'impact de la technologie de l'information sur la croissance économique aux États-Unis, les investissements du secteur des entreprises et du secteur des ménages et les services découlant des stocks de capital correspondants doivent être inclus.

Tableau 2.1

Taux moyens de croissance de certains produits et intrants

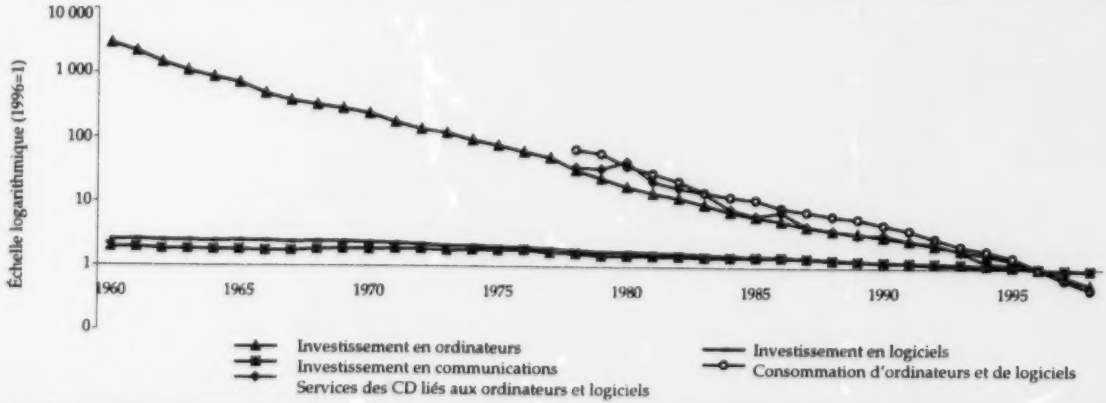
	1990-1995		1995-1998	
	Prix	Quantités	Prix	Quantités
	Produits			
Production intérieure privée (Y)	1,70	2,74	1,37	4,73
Autres (Y_n)	2,01	2,25	2,02	3,82
Consommation d'ordinateurs, logiciels (C_c)	-21,50	38,67	-36,93	49,26
Investissement en ordinateurs (I_c)	-14,59	24,89	-27,58	38,08
Investissement en logiciels (I_s)	-1,41	11,59	-2,16	15,18
Invest. en matériel de communications (I_m)	-1,50	6,17	-1,73	12,79
Services de CD, ordinateurs et logiciels (D_c)	-19,34	34,79	-28,62	44,57
	Intrants			
Total, services du capital (K)	0,60	2,83	2,54	4,80
Autres (K_n)	1,00	1,78	4,20	2,91
Capital, ordinateurs (K_c)	-10,59	18,16	-20,09	34,10
Capital, logiciels (K_s)	-2,07	13,22	-0,87	13,00
Capital, communications (K_m)	3,10	4,31	-7,09	7,80
Total, services de consommation (D)	1,98	2,91	-0,67	5,39
Autres qu'ordinateurs et logiciels (D_n)	2,55	2,07	0,54	3,73
Services de CD, ordinateurs et logiciels (D_c)	-19,34	34,79	-28,62	44,57
Travail (L)	2,92	2,01	2,80	2,81

Note : CD signifie biens de consommation durables. Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage.

Notre estimation du stock de capital atteint 26 billions de dollars pour 1997, ce qui est sensiblement plus élevé que l'estimation de 17,3 billions de dollars obtenue par le BEA (1998b) pour le capital privé fixe. Cette différence traduit notre inclusion des biens de consommation durables, des stocks et des terrains. Nos estimations du stock de capital pour des catégories comparables de biens sont assez semblables à celles du BEA. Ainsi, notre estimation du capital privé fixe en 1997 est de 16,8 billions de dollars, ce qui est à peu près identique à celle du BEA. De même, notre estimation du stock de biens de consommation durables est de 2,9 billions de dollars, tandis que l'estimation du BEA est de 2,5 billions de dollars. L'écart traduit notre inclusion des stocks et des terrains. Le tableau B.1, à l'appendice B, énumère les éléments d'actif considérés ainsi que l'investissement et la valeur des stocks pour 1998; le tableau B.2 présente la valeur du stock de capital de 1959 à 1998, ainsi que les indices de prix des éléments d'actif pour l'ensemble du capital et les biens de TI.

Figure 2.1

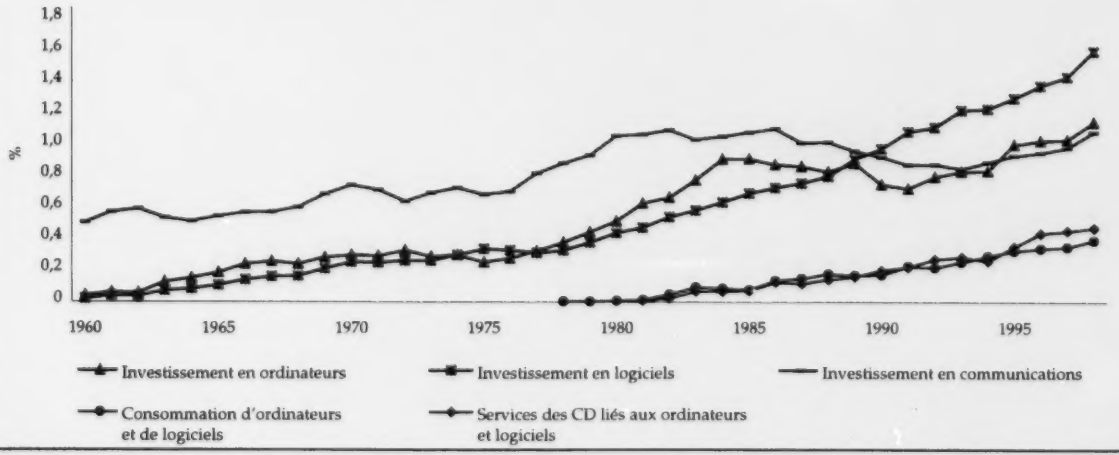
Prix relatifs des produits de la technologie de l'information, 1960-1998



Note : Tous les indices de prix sont établis par rapport à l'indice des prix de la production.

Figure 2.2

Parts de la production liées à la technologie de l'information, 1960-1998



Note : Les parts sont exprimées en dollars courants.

Les stocks de biens commerciaux de TI (ordinateurs, logiciels et matériel de communications), ainsi que les achats par les consommateurs d'ordinateurs et de logiciels ont augmenté de façon spectaculaire au cours des dernières années mais demeurent relativement modestes. En 1998, les biens de TI, toutes catégories confondues, ne représentaient que 3,4 p. 100 du capital matériel et 4,6 p. 100 des biens privés reproductibles.

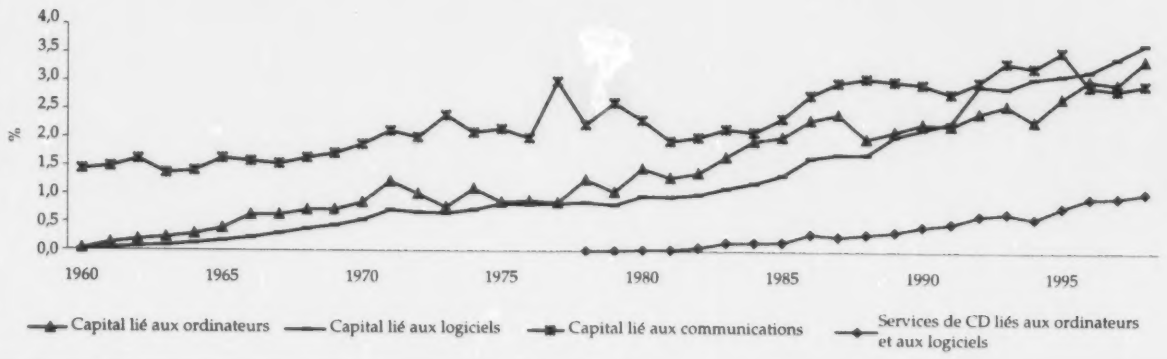
Nous passons maintenant aux estimations des flux de services du capital, où les stocks de capital correspondant aux diverses catégories de biens ont été agrégés en utilisant comme facteurs de pondération les prix de location. Le tableau B.3, à l'appendice B, fait voir les flux de services en dollars courants et les indices de prix correspondants pour la période 1959-1998, tandis que la seconde partie du tableau 2.1 résume les taux de croissance des prix et des quantités des intrants pour les périodes 1990-1995 et 1995-1998.

Il y a clairement une accélération de la croissance globale des services du capital, de 2,8 p. 100 par année au cours de la période 1990-1995 à 4,8 p. 100 annuellement entre 1995 et 1998. Cette accélération est principalement attribuable à la croissance rapide des services du matériel de TI et des logiciels, signalant un renversement de la tendance vers une croissance plus lente du capital observée jusqu'en 1995. Si les biens de la technologie de l'information ne représentent que 11,2 p. 100 du total, les parts des flux de services de ces biens sont beaucoup plus importantes que les parts des biens correspondants. En 1998, les services du capital ne représentaient que 12,4 p. 100 du stock de capital de biens matériels dans l'ensemble, mais les services représentaient 40 p. 100 du stock de technologie de l'information. Cela reflète la baisse rapide des prix et les taux élevés de dépréciation qui entrent dans les prix de location de la technologie de l'information.

La figure 2.3 fait voir l'augmentation rapide de l'importance des biens de TI, traduisant l'accélération des baisses de prix relatifs. Au cours des années 90, les prix des services associés au matériel informatique ont chuté de 14,2 p. 100 annuellement, comparativement à une augmentation de 2,2 p. 100 dans le cas du capital non lié à la technologie de l'information. En conséquence directe de ces changements de prix relatifs, les services informatiques ont augmenté à un rythme de 24,1 p. 100, comparativement à 3,6 p. 100 seulement pour les services du capital non lié à la TI durant les années 90. La part des services associés au matériel informatique, exprimée en dollars courants, a augmenté constamment pour atteindre près de 3,5 p. 100 de l'ensemble des services du capital en 1998 (figure 2.3)[17].

Figure 2.3

Parts des intrants liées à la technologie de l'information, 1960-1998



Note : Les parts du capital et des services des biens de consommation durables sont exprimées en dollars courants.

L'accumulation rapide des logiciels semble toutefois avoir des origines différentes. Le prix des investissements en logiciels a diminué beaucoup plus lentement (-1,7 p. 100 annuellement pour les logiciels, contre -19,5 p. 100 pour le matériel informatique) entre 1990 et 1998. Ces écarts dans les prix des investissements se traduisent par une baisse beaucoup plus lente des prix des services associés aux logiciels et aux ordinateurs, à savoir -1,6 p. 100 contre -14,2 p. 100. Néanmoins, les entreprises ont accumulé le capital-logiciels assez rapidement, les services réels du capital augmentant à un taux de 13,3 p. 100 annuellement durant les années 90. Bien qu'inférieur au taux de croissance de 24,1 p. 100 des ordinateurs, le taux de croissance des investissements en logiciels a été beaucoup plus rapide que celui des autres formes de capital matériel. La complémentarité des logiciels et des ordinateurs fournit ici une explication possible. Les entreprises réagissent à la baisse des prix relatifs des ordinateurs en accumulant des ordinateurs et en investissant dans des intrants complémentaires comme les logiciels, qui permettent d'exploiter les ordinateurs[18].

Une autre explication possible est que les indices de prix officiels utilisés comme déflateurs de l'investissement en logiciels ne tiennent pas compte d'une part importante des améliorations réelles de la qualité. Cela entraînerait une surestimation importante de l'inflation des prix et une sous-estimation correspondante de l'investissement réel, des services du capital et de la croissance économique. Selon Moulton, Parker et Seskin (1999) et Parker et Grimm (2000), seuls les prix des logiciels de série sont calculés à l'aide de déflateurs de prix à qualité constante fondés sur des méthodes hédonistes. Les prix des logiciels élaborés à l'interne sont fondés sur les indices des coûts des intrants, qui supposent implicitement qu'il n'y a pas de changement dans la productivité des programmeurs. Les prix des logiciels personnalisés représentent une moyenne pondérée des logiciels de série et des logiciels élaborés à l'interne, une pondération de 75 p. 100 étant arbitrairement accordée aux prix des logiciels élaborés à l'interne. Ainsi, les déflateurs de prix de près des deux tiers des investissements récents en logiciels sont estimés sous l'hypothèse continue d'une absence de gain de productivité[19]. Si la qualité des logiciels élaborés à l'interne et des logiciels personnalisés s'améliore à un rythme même inférieur à celui des logiciels de série, cela entraîne une sous-estimation importante l'investissement en logiciels.

Même si la baisse des prix du matériel de communications durant les années 90 est comparable à celle des logiciels, telle que mesurée officiellement dans les NIPA, l'investissement a crû à un rythme qui est plus comparable à celui des prix. Cependant, il pourrait y avoir des erreurs de mesure des prix

du matériel de communications. Ainsi, la technologie du matériel de communications est semblable à celle des ordinateurs; l'investissement dans cette catégorie est dégonflé à l'aide d'un indice de prix à qualité constante mis au point par le BEA. Les déflateurs de prix traditionnels sont employés pour le matériel de transmission, par exemple les câbles de fibre optique, dont les prix semblent aussi diminuer rapidement. Cela pourrait entraîner une sous-estimation du taux de croissance de l'investissement, du stock de capital et des services du capital associés au matériel de communications, ainsi qu'une surestimation du taux d'inflation[20]. Nous reviendrons sur cette question à la fin de la section 2.2.

2.2.4 La mesure des services du travail

Dans cette section, nous décrivons nos estimations de l'intrant travail dans l'économie américaine pour la période 1959-1998. À partir des données individuelles des Census of Population de 1970, 1980 et 1990, ainsi que des données annuelles des Current Population Surveys, nous avons estimé des indices à qualité constante pour l'intrant travail et son prix, afin de tenir compte de l'hétérogénéité de la main-d'œuvre du point de vue de la catégorie d'emploi, du sexe, du groupe d'âge et du niveau de scolarité. Cette approche est inspirée de celle de Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987), dont les estimations ont été révisées et mises à jour par Ho et Jorgenson (1999)[21].

La distinction entre l'intrant travail et les heures travaillées est semblable à la distinction entre les services du capital et le stock de capital. La croissance de l'intrant travail traduit l'augmentation du nombre d'heures de travail ainsi que les changements qui surviennent dans la composition des heures travaillées à mesure que les entreprises opèrent une substitution entre des catégories hétérogènes de main-d'œuvre. Nous définissons la croissance de la qualité du travail comme étant la différence entre la croissance de l'intrant travail et celle des heures travaillées. La qualité du travail traduit la substitution de travailleurs ayant des produits marginaux élevés à ceux dont les produits marginaux sont moins élevés, tandis que la croissance du nombre d'heures de travail employée par Solow (1957) et d'autres ne tient pas compte de cette substitution. Le tableau C.1, à l'appendice C, présente nos estimations de l'intrant travail, du nombre d'heures travaillées et de la qualité du travail.

Selon nos estimations, les dépenses en main-d'œuvre ont atteint 4 546 milliards de dollars en 1998, ce qui représente approximativement 57 p. 100 de la valeur de la production. Cette part englobe de façon précise la production privée et nos imputations au titre des services du capital. Si nous excluons ces imputations, la part du facteur travail grimpe à 62 p. 100, ce qui correspond aux estimations classiques. Comme on peut le voir au tableau 2.1, la croissance de l'indice de l'intrant travail, L_t, conforme à notre modèle de production de l'équation (1), s'est accélérée pour atteindre 2,8 p. 100 entre 1995 et 1998, à partir d'un niveau de 2,0 p. 100 au cours de la période 1990-1995. Ce changement est principalement attribuable à la croissance du nombre d'heures travaillées, qui est passée de 1,4 p. 100 entre 1990 et 1995 à 2,4 p. 100 entre 1995 et 1998, alors que la participation à la population active a augmenté et que les taux de chômage ont baissé[22].

La croissance de la qualité du travail a ralenti à la fin des années 90, passant de 0,65 p. 100 entre 1990 et 1995 à 0,43 p. 100 entre 1995 et 1998. Ce ralentissement saisit les tendances démographiques bien connues dans la composition de la main-d'œuvre, ainsi que l'épuisement du bassin de travailleurs disponibles à mesure que baissaient les taux de chômage. Les projections de la croissance économique future qui ne tiennent pas compte de la qualité du travail, comme celles du CBO examinées à la section 3, intègrent implicitement les changements qui se produisent dans la qualité du travail dans la croissance mesurée de la PTF. Cela réduit la fiabilité des projections de la croissance économique. Heureusement, on peut facilement corriger ce problème en extrapolant les changements démographiques au sein de la population active pour tenir compte des changements prévisibles dans la composition des travailleurs selon différentes dimensions comme l'âge, le sexe et le niveau de scolarité.

2.2.5 Quantifier les sources de la croissance

Le tableau 2.2 présente les résultats de notre décomposition de la comptabilité de la croissance, obtenus en appliquant l'équation (2) à la période 1959-1998 et à diverses sous-périodes, ainsi que des estimations préliminaires pour 1999. Comme dans Jorgenson et Stiroh (1999), nous décomposons la croissance économique par catégorie de produits et par catégorie d'intrant afin de quantifier la contribution de la technologie de l'information (TI) à la production de biens d'investissement et de consommation, ainsi qu'aux intrants en capital et en biens de consommation durables. Nous appliquons le traitement que nous

avons appliqué antérieurement aux produits et aux intrants associés aux ordinateurs en identifiant les logiciels et le matériel de communications comme des biens de TI distincts.

Afin de quantifier les sources de la croissance liées à la TI de façon plus explicite, nous employons une frontière étendue des possibilités de production :

$$(4)\quad Y(Y_n, C_c, I_c, I_s, I_m, D_c) = A \cdot X(K_n, K_c, K_s, K_m, D_n, D_c, L)$$

où les produits englobent la consommation d'ordinateurs et de logiciels, C_c, l'investissement en ordinateurs, I_c, l'investissement en logiciels, I_s, l'investissement en matériel de communications, I_m, les services associés aux ordinateurs et aux logiciels achetés par les consommateurs, D_c, et les autres produits, Y_n. Les intrants comprennent les services du capital associés aux ordinateurs, K_c, aux logiciels, K_s, au matériel de communications, K_m, aux autres biens en capital, K_n, aux services des ordinateurs et des logiciels acquis par les consommateurs, D_c, aux autres biens durables, D_n, et à l'intrant travail, L[23]. Comme dans l'équation (1), la productivité totale des facteurs est désignée par A et représente la capacité de produire une plus grande quantité de biens à partir des mêmes intrants. Les indices temporels ont été supprimés par souci de commodité.

Nous obtenons une équation étendue de la comptabilité de la croissance :

$$(5)\quad \overline{w}_{Yn}\Delta\ln Y_n + \overline{w}_{Cc}\Delta\ln C_c + \overline{w}_{Ic}\Delta\ln I_c + \overline{w}_{Is}\Delta\ln I_s + \overline{w}_{Im}\Delta\ln I_m + \overline{w}_{Dc}\Delta\ln D_c = \overline{v}_{Kn}\Delta\ln K_n + \overline{v}_{Kc}\Delta\ln K_c + \overline{v}_{Ks}\Delta\ln K_s + \overline{v}_{Km}\Delta\ln K_m + \overline{v}_{Dn}\Delta\ln D_n + \overline{v}_{Dc}\Delta\ln D_c + \overline{v}_{L}\Delta\ln L + \Delta\ln A$$

où $\overline{w}$ et $\overline{v}$ sont les parts moyennes du revenu nominal pour la variable en indice et où $\overline{w}_{Yn} + \overline{w}_{Cc} + \overline{w}_{Ic} + \overline{w}_{Is} + \overline{w}_{Im} + \overline{w}_{Dc} = \overline{v}_{Kn} + \overline{v}_{Kc} + \overline{v}_{Ks} + \overline{v}_{Km} + \overline{v}_{Dn} + \overline{v}_{Dc} + \overline{v}_{L} = 1$; nous interprétons le taux de croissance pondéré (en fonction des parts) comme étant la *contribution* d'un intrant ou d'un produit.

Tableau 2.2

Croissance de la production intérieure privée et sources de croissance aux États-Unis, 1959-1999

						Données préliminaires*
	1959-1998	1959-1973	1973-1990	1990-1995	1995-1998	1995-1999
Croissance de la production intérieure privée (*Y*)	3,630	4,325	3,126	2,740	4,729	4,763
Contribution de certains éléments de la production						
Autres (Y_n)	3,275	4,184	2,782	2,178	3,659	3,657
Consommation d'ordinateurs et de logiciels (C_c)	0,035	0,000	0,023	0,092	0,167	0,175
Investissement en ordinateurs (I_c)	0,150	0,067	0,162	0,200	0,385	0,388
Investissement en logiciels (I_s)	0,074	0,025	0,075	0,128	0,208	0,212
Investissement en matériel de communications (I_m)	0,060	0,048	0,061	0,053	0,122	0,128
Services de CD, ordinateurs et logiciels (D_c)	0,036	0,000	0,023	0,089	0,187	0,204
Contribution des services du capital (*K*)	1,260	1,436	1,157	0,908	1,611	1,727
Autres (K_n)	0,936	1,261	0,807	0,509	0,857	0,923
Ordinateurs (K_c)	0,177	0,086	0,199	0,187	0,458	0,490
Logiciels (K_s)	0,075	0,026	0,071	0,154	0,193	0,205
Communications (K_m)	0,073	0,062	0,080	0,058	0,104	0,109
Contribution des services de CD (*D*)	0,510	0,632	0,465	0,292	0,558	0,608
Autres (D_n)	0,474	0,632	0,442	0,202	0,370	0,403
Ordinateurs et logiciels (D_c)	0,036	0,000	0,023	0,089	0,187	0,204
Contribution du travail (*L*)	1,233	1,249	1,174	1,182	1,572	1,438
Productivité totale des facteurs agrégée (*PTF*)	0,628	1,009	0,330	0,358	0,987	0,991
Croissance des services du capital et des CD	4,212	4,985	3,847	2,851	4,935	5,286
Croissance de l'intrant travail	2,130	2,141	2,035	2,014	2,810	2,575

Tableau 2.2 (suite)

						Données préliminaires*
	1959-1998	1959-1973	1973-1990	1990-1995	1995-1998	1995-1999
Contribution de la qualité du capital et des CD	0,449	0,402	0,405	0,434	0,945	1,041
Contribution du stock de capital et de CD	1,320	1,664	1,217	0,765	1,225	1,293
Contribution de la qualité du travail	0,315	0,447	0,200	0,370	0,253	0,248
Contribution des heures travaillées	0,918	0,802	0,974	0,812	1,319	1,190
Productivité moyenne du travail (*PMT*)	2,042	2,948	1,437	1,366	2,371	2,580

Note : La contribution d'un produit ou d'un intrant est définie comme étant le taux de croissance réel pondéré en fonction de la part du produit ou de l'intrant. CD signifie biens de consommation durables. Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage. Les résultats pour la période 1995-1999 renferment des estimations préliminaires pour 1999; voir l'annexe pour plus de détails sur la méthode d'estimation et les sources de données.

2.2.5.a Croissance de la production

Nous examinons d'abord les sources de croissance de la production pour l'ensemble de la période 1959-1998. Définis au sens large, les services du capital font la contribution la plus importante à la croissance avec 1,8 point de pourcentage (1,3 point de pourcentage pour le capital des entreprises et 0,5 point de pourcentage pour les biens de consommation durables); les services du travail ont une contribution de 1,2 point de pourcentage, tandis que la croissance de la PTF est à l'origine de seulement 0,6 point de pourcentage. La croissance des intrants est la source de près de 80 p. 100 de la croissance économique survenue aux États-Unis au cours des 40 dernières années, tandis que la PTF a fourni environ le cinquième de la croissance. La figure 2.4 met en relief ce résultat en montrant la contribution relativement restreinte à la croissance du résidu de la PTF à chacune des sous-périodes.

Plus des trois quarts de la contribution du capital au sens large traduit l'accumulation du stock de capital, tandis que l'augmentation du nombre d'heures de travail représente un peu moins des trois quarts de la contribution du facteur travail. La qualité tant du capital que du travail a fait une contribution importante, respectivement de 0,45 et 0,32 point de pourcentage annuellement. Par conséquent, il est important de tenir compte de la substitution entre des intrants capital et travail hétérogènes au moment de quantifier les sources de la croissance économique.

Un examen de l'économie américaine avant et après 1973 révèle certains aspects familiers de la tendance historique. Après une forte croissance de la production et de la PTF durant les années 60 et au début des années 70, l'économie américaine a ralenti de façon marquée jusqu'en 1990, la croissance annuelle de la production baissant de 4,3 à 3,1 p. 100, tandis que la croissance annuelle de la PTF diminuait de près de deux tiers de point de pourcentage, soit de 1,0 à 0,3 p. 100. La croissance des intrants en capital a aussi ralenti, passant de 5,0 p. 100 entre 1959 et 1973 à 3,8 p. 100 entre 1973 et 1990, ce qui a contribué à une croissance léthargique de la PMT de 2,9 p. 100 entre 1959 et 1973 et de 1,4 p. 100 entre 1973 et 1990.

Nous nous intéressons maintenant aux années 90 en faisant ressortir les changements survenus récemment[24]. Par rapport au début des années 90, la croissance de la production a augmenté de près de 2,0 points de pourcentage entre 1995 et 1998. La contribution du capital a augmenté de 1,0 point de pourcentage et celle du travail de 0,4 point de pourcentage, tandis que la

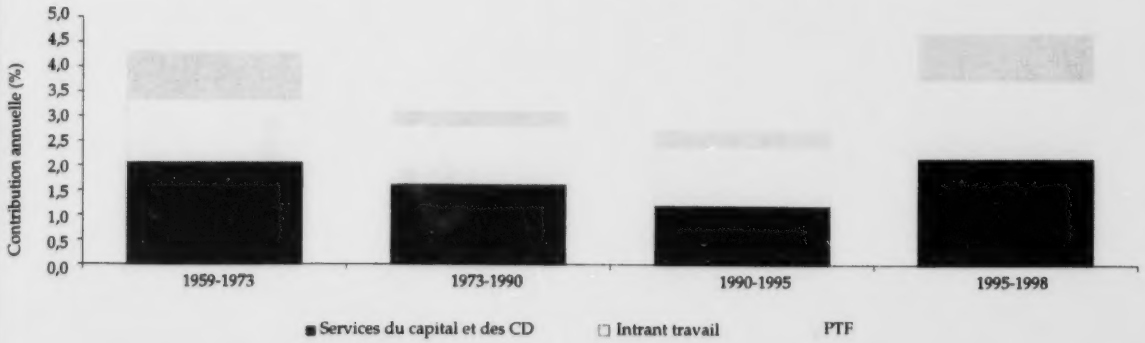
croissance de la PTF a accéléré de 0,6 point de pourcentage. La croissance de la PMT a, pour sa part, augmenté de 1,0 point de pourcentage. Les contributions en hausse du capital et du travail recouvrent plusieurs tendances bien connues à la fin des années 90. La croissance du nombre d'heures travaillées a augmenté à mesure que les marchés du travail se sont resserrés, que le chômage a baissé pour toucher un creux trentenaire et que les taux de participation à la population active ont grimpé[25]. La contribution du capital est le reflet du boom d'investissement de la fin des années 90, alors que les entreprises ont consacré des ressources aux usines et au matériel, notamment les ordinateurs, les logiciels et le matériel de communications.

L'accélération de la croissance de la PTF est peut-être l'aspect le plus remarquable qui ressort des données. Après avoir atteint en moyenne seulement 0,34 p. 100 par année entre 1973 et 1995, l'accélération de la PTF à 0,99 p. 100 laisse penser qu'il y aurait eu des améliorations spectaculaires au niveau de la technologie et des gains importants au chapitre de l'efficience de la production. Bien que la reprise de la croissance de la PTF durant les années 90 n'ait pas encore atteint les niveaux enregistrés durant les années 60 et au début des années 70, la croissance plus rapide de la PTF revêt une importance primordiale si l'on veut soutenir des taux de croissance plus élevés.

Les figures 2.5 et 2.6 montrent les contributions croissantes des produits de la technologie de l'information (TI) à la croissance économique aux États-Unis. La figure 2.5 renferme une ventilation de la production entre la TI et les biens autres que la TI pour diverses sous-périodes entre 1959 et 1998, tandis que la figure 2.6 décompose les contributions des produits de TI entre les cinq composantes identifiées précédemment. Même si le rôle de la TI a augmenté de façon constante, la figure 2.5 montre que la poussée récente de l'investissement et de la consommation a pratiquement doublé la contribution de la TI à la production entre 1995 et 1998 par rapport à la période 1990-1995. La figure 2.6 montre que l'investissement en ordinateurs a été la source de contribution de la TI la plus importante à la fin des années 90 et que la consommation d'ordinateurs et de logiciels devient une source de plus en plus importante de croissance de la production.

Figure 2.4

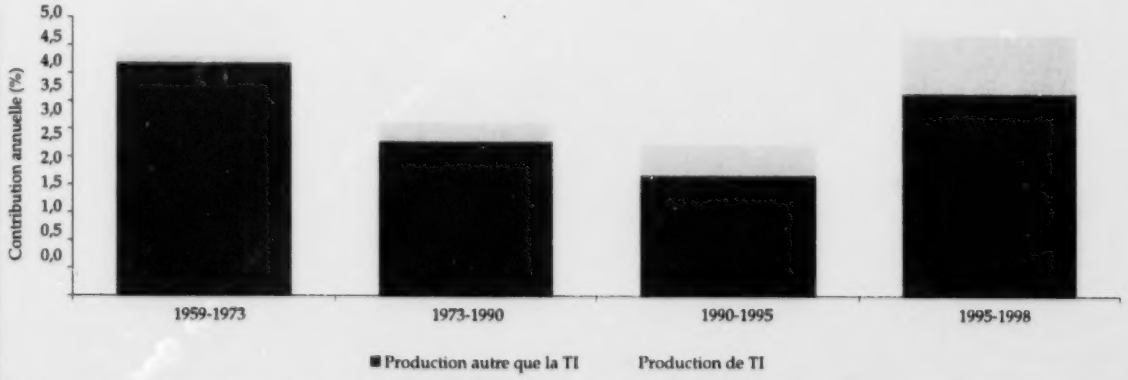
Sources de la croissance économique aux États-Unis, 1959-1998



Note : La contribution d'un intrant correspond à son taux de croissance annuel moyen pondéré par sa part respective. La PTF est définie à l'équation (2) dans le texte.

Figure 2.5

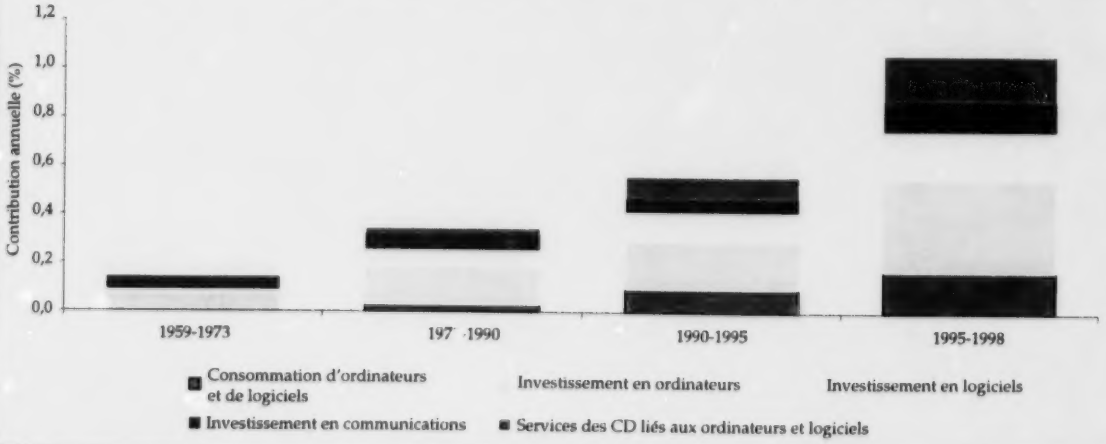
Contribution de la technologie de l'information à la production, 1959-1998



Note : La contribution d'un produit correspond à son taux de croissance annuel moyen pondéré par sa part respective.

Figure 2.6

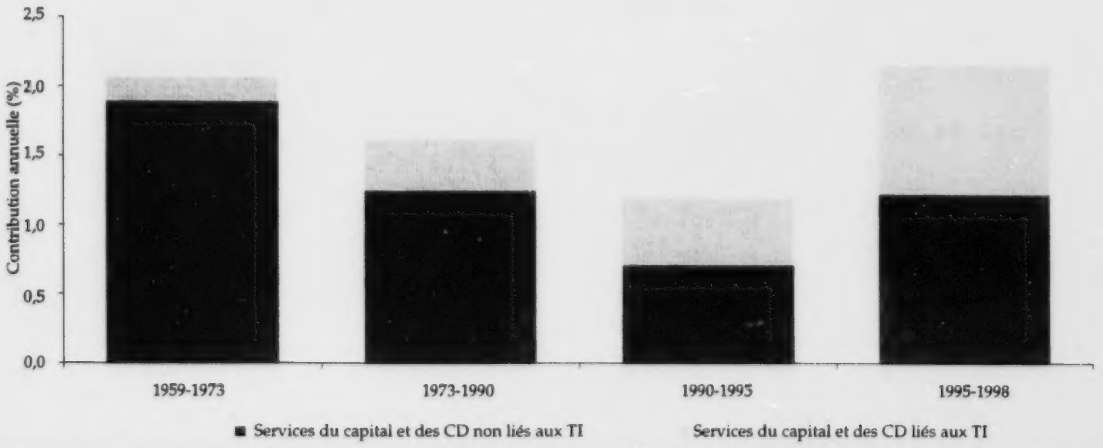
Contribution des biens de la technologie de l'information à la production, 1959-1998



Note : La contribution d'un produit correspond à son taux de croissance annuel moyen pondéré par sa part respective.

Figure 2.7

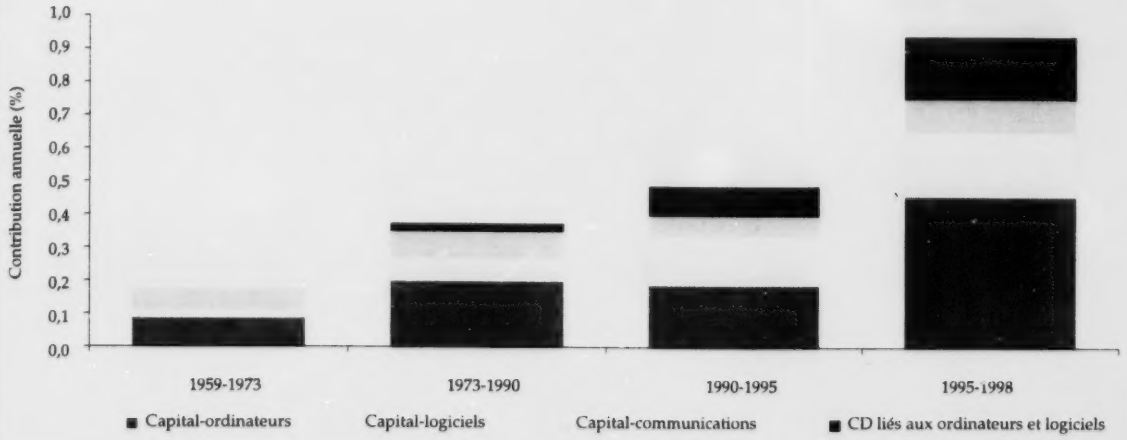
Contribution de la technologie de l'information aux intrants, 1959-1998



Note : La contribution d'un produit correspond à son taux de croissance annuel moyen pondéré par sa part respective.

Figure 2.8

Contribution des biens de la technologie de l'information aux intrants, 1959-1998



Note : La contribution d'un produit correspond à son taux de croissance annuel moyen pondéré par sa part respective.

Les figures 2.7 et 2.8 présentent une décomposition semblable du rôle de la TI en tant que facteur de production, la contribution de ces biens affichant une hausse encore plus spectaculaire. La figure 2.7 montre que la contribution du capital et des biens de consommation durables associés à la TI a augmenté rapidement à la fin des années 90 et représente aujourd'hui plus des deux cinquièmes de la contribution totale à la croissance provenant du capital défini au sens large. La figure 2.8 montre que le matériel informatique est aussi la source de contribution de la TI la plus importante du côté des intrants, ce qui traduira la part croissante ainsi que les taux de croissance rapides enregistrés à la fin des années 90.

La contribution des ordinateurs, des logiciels et du matériel de communications révèle un tableau différent de celui présenté par Jorgenson et Stiroh (1999), pour des raisons liées à la fois aux données et à la méthodologie. Premièrement, lors de la révision de référence du BEA, on a classé les logiciels parmi les biens d'investissement. Même si les logiciels affichent une croissance plus lente que les ordinateurs, la part nominale relativement importante des services associés aux logiciels a haussé la contribution de la technologie de l'information. Deuxièmement, nous avons ajouté le matériel de communications, une composante des services du capital, qui enregistre aussi une croissance plus lente, avec des effets semblables. Troisièmement, nous intégrons maintenant des termes de réévaluation spécifiques aux divers éléments d'actif dans toutes les estimations des prix de location. Étant donné que les prix d'acquisition des ordinateurs baissent constamment, les termes de réévaluation spécifiques à chaque catégorie de biens ont haussé les prix estimatifs des services et accru la part des services informatiques. Enfin, nous avons modifié notre convention temporelle pour supposer que les services du capital associés à chaque type de biens sont proportionnels à la moyenne du stock actuel et du stock passé. Pour les biens dont la durée de service est relativement courte, comme les biens de TI, c'est là une hypothèse plus raisonnable que dans nos travaux antérieurs, où nous supposions qu'il fallait au moins une année avant qu'un investissement nouveau ne devienne productif[26].

Cette forte augmentation de la contribution des ordinateurs et des logiciels à la croissance corrobore avec des estimations récentes de Oliner et Sichel (2000), bien que celles-ci soient un peu plus élevées. Les auteurs signalent que le matériel informatique et les logiciels sont à l'origine de 0,93 point de pourcentage de la croissance observée entre 1996 et 1999, le matériel de communications fournissant pour sa part une contribution additionnelle de 0,15 point de pourcentage. Cet écart traduit principalement notre définition

plus étendue de la production, qui réduit la part des intrants associée à ces biens de haute technologie et, également, des différences mineures dans les paramètres fiscaux et les estimations des stocks. Whelan (1999) fait aussi état d'une contribution plus importante du matériel informatique à la croissance (0,82 point de pourcentage) au cours de la période 1996-1998. Cet écart traduit aussi notre définition plus étendue de la production. En outre, Whelan (1999) élabore une nouvelle méthodologie pour tenir compte des coûts de soutien et de mise au rancart qui engendrent un stock de capital beaucoup plus grand et haussent la part des intrants et la contribution du capital informatique à la croissance.

En dépit des différences observées entre les méthodologies et les sources de données d'une étude à l'autre, un consensus se dessine autour du fait que les ordinateurs ont un impact important sur la croissance économique[27]. Qu'est-ce qui détermine la hausse des contributions des ordinateurs, des logiciels et du matériel de communications? Comme nous l'avons fait valoir dans Jorgenson et Stiroh (1999), les changements de prix entraînent une substitution vers les services du capital dont les prix relatifs sont moins élevés. Les entreprises et les consommateurs réagissent ainsi aux changements de prix relatifs.

Le tableau 2.1 montre que le prix d'acquisition des investissements en ordinateurs a chuté de près de 28 p. 100 annuellement, le prix des logiciels a fléchi de 2,2 p. 100 et le prix du matériel de communications a baissé de 1,7 p. 100 au cours de la période 1995-1998, tandis que les prix des autres produits ont augmenté de 2,0 p. 100. En réaction à ces changements de prix, les entreprises ont accumulé les ordinateurs, les logiciels et le matériel de communications plus rapidement que les autres formes de capital. L'investissement non lié à la technologie de l'information a, en réalité, diminué en proportion du produit intérieur privé. Le profil de substitution des ménages vers les ordinateurs et les logiciels est semblable. Ces substitutions laissent penser que les gains associés à la révolution informatique profitent aux entreprises et aux ménages qui sont en mesure de se restructurer pour profiter de ces changements de prix relatifs.

2.2.5.b Croissance de la productivité moyenne du travail

Dans le but de présenter une perspective différente sur les sources de la croissance économique, nous pouvons examiner la croissance de la PMT. Par un calcul simple, la croissance de la production est égale à la somme de la croissance des heures de travail et de la croissance de la productivité de la

main-d'œuvre[28]. Le tableau 2.3 fait voir une ventilation de la production entre la croissance des heures travaillées et celle de la PMT pour les mêmes périodes qu'au tableau 2.2. Sur l'ensemble de la période 1959-1998, la croissance de la PMT a été le principal déterminant de la croissance de la production, augmentant d'un peu plus de 2 p. 100 annuellement entre 1959 et 1998, tandis que le nombre d'heures travaillées augmentait d'environ 1,6 p. 100 par année. Nous examinons ensuite l'évolution de l'importance des facteurs qui déterminent la croissance de la PMT. Comme le montre l'équation (3), la croissance de la PMT dépend d'un effet d'intensification du capital, d'un effet de qualité du travail et d'un effet associé à la PTF.

Tableau 2.3

Sources de croissance de la productivité moyenne du travail (PMT), 1959-1998

Variable	1959-1998	1959-1973	1973-1990	1990-1995	1995-1998
Croissance de la production intérieure privée (*Y*)	3,630	4,325	3,126	2,740	4,729
Croissance des heures travaillées (*H*)	1,588	1,377	1,689	1,374	2,358
Croissance de la PMT (*Y/H*)	2,042	2,948	1,437	1,366	2,371
Contribution de l'intensification du capital à la PMT	1,100	1,492	0,908	0,637	1,131
Contribution de la qualité du travail à la PMT	0,315	0,447	0,200	0,370	0,253
Contribution de la PTF à la PMT	0,628	1,009	0,330	0,358	0,987

Note : Les contributions à la PMT sont définies à l'équation (3). Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage.

La figure 2.9 illustre l'importance de chaque facteur, révélant le ralentissement bien connu de la productivité dans les années 70 et 80 et mettant en relief l'accélération de la croissance de la productivité du travail à la fin des années 90. Le ralentissement observé jusque dans les années 90 traduit une intensification plus lente du capital, une diminution de la croissance de la qualité du travail et une décélération de la croissance de la PTF. La croissance de la PMT a continué à ralentir au début des années 90 et le ralentissement prononcé de l'intensification du capital n'a été que partiellement compensé par un regain de croissance de la qualité du travail et un léger redressement de la croissance de la PTF. Une lente croissance du nombre d'heures travaillées conjuguée à une lente croissance de la PMT entre 1990 et 1995 ont accentué le déclin du taux de croissance de la production. Cela contraste avec les précé-

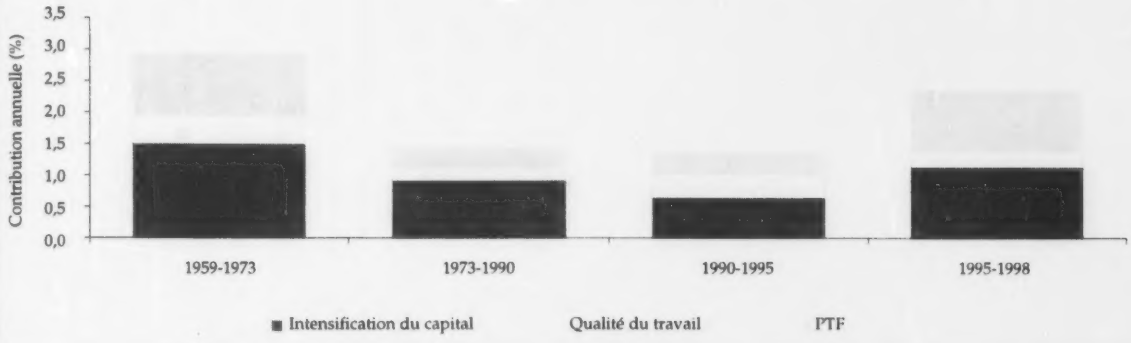
dentes reprises cycliques de la période d'après-guerre, où il y avait accélération de la croissance de la production durant la reprise, sous l'effet d'une croissance plus rapide du nombre d'heures travaillées et de la PMT.

Pour la période la plus récente, soit 1995-1998, la forte croissance de la production traduit presque à parts égales la croissance du nombre d'heures travaillées et celle de la PMT. Si nous comparons les périodes 1990-1995 et 1995-1998, nous constatons que la croissance de la production a augmenté de près de 2,0 points de pourcentage, ce qui est attribuable à une hausse de 1,0 point de pourcentage du nombre d'heures travaillées et à une hausse de 1,0 point de pourcentage de la croissance de la PMT[29]. La figure 2.9 montre que l'accélération de la croissance de la PMT est imputable à une intensification plus rapide du capital causée par le boom d'investissement et à une croissance plus rapide de la PTF. L'intensification du capital a contribué 0,49 point de pourcentage à l'accélération de la croissance de la PMT, tandis que la croissance plus forte de la PTF a fourni 0,63 point de pourcentage. La croissance de la qualité du travail a ralenti quelque peu alors que la croissance du nombre d'heures travaillées s'est accélérée. Cela reflète la baisse du taux de chômage et le resserrement des marchés du travail, alors qu'un plus grand nombre de travailleurs ayant un produit marginal relativement faible ont été attirés dans la population active. Oliner et Sichel (2000) font aussi état d'une baisse de la contribution de la qualité du travail à la croissance à la fin des années 90 de 0,44 entre 1991 et 1995 à 0,31 entre 1996 et 1999.

Notre décomposition jette aussi un peu de lumière sur l'hypothèse proposée par Gordon (1999b), qui affirme que la grande majorité des gains récents de la PMT sont attribuables à la production de TI, notamment les ordinateurs, plutôt qu'à l'utilisation de la TI. Comme nous l'avons déjà souligné, une production de TI plus efficiente contribue à la croissance globale de la PTF du fait qu'une plus grande puissance de calcul est produite à partir des mêmes intrants, tandis que l'utilisation de la TI influe sur la croissance de la PMT par le biais de l'intensification du capital. Au cours des dernières années, l'accélération de la croissance de la PTF a été un facteur légèrement plus important dans l'accélération de la croissance de la PMT que l'intensification du capital. Les gains d'efficience réalisés dans la production des ordinateurs sont un élément important de la croissance globale de la PTF, comme il ressort des résultats de Gordon au sujet de la PMT. Nous reviendrons sur cette question plus en détail subséquemment.

Figure 2.9

Sources de croissance de la productivité du travail aux États-Unis, 1959-1998



Note : Les contributions annuelles sont définies à l'équation (3) dans le texte.

2.2.5.c Croissance de la productivité totale des facteurs

Enfin, nous examinons la performance remarquable de la croissance de la PTF aux États-Unis ces dernières années. Après s'être maintenue à un taux moyen de 0,33 p. 100 durant la période 1973-1990, la croissance de la PTF est passée à 0,36 p. 100 entre 1990 et 1995 pour ensuite bondir à 0,99 p. 100 annuellement entre 1995 et 1998. Ce bond est une importante source de croissance de la production et de la PMT dans l'économie américaine (figures 2.4 et 2.9). Même si la croissance de la PTF durant les années 90 n'a pas encore atteint les sommets enregistrés à certaines périodes de l'âge d'or des années 60 et du début des années 70, l'accélération récente laisse penser que l'économie américaine pourrait connaître une reprise par rapport à la croissance anémique de la productivité enregistrée au cours des deux dernières décennies. Bien entendu, il importe de faire preuve de prudence jusqu'à ce que l'on dispose d'une meilleure perspective historique.

Dès Domar (1961), les économistes ont utilisé un modèle multi-sectoriel de l'économie pour remonter aux sources de la croissance de la productivité globale au niveau de l'industrie. Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) et Jorgenson (1990) ont employé ce modèle pour déterminer les sources de la croissance au niveau de l'industrie. Plus récemment, Gullickson et Harper (1999) et Jorgenson et Stiroh (2000) ont utilisé le modèle à des fins similaires. Nous reportons l'examen détaillé de ces sources de croissance de la PTF jusqu'à ce que nous ayons examiné l'incidence de divers déflateurs de prix sur notre décomposition de la croissance.

2.2.6 Autres estimations de la mesure de la croissance

Les tableaux 2.1 à 2.3 et les figures 2.1 à 2.9 font voir nos premiers résultats obtenus à l'aide des données officielles des NIPA. Comme nous l'avons déjà indiqué, toutefois, il y a des raisons de penser que les taux d'inflation que renferment les indices de prix officiels de certains biens de haute technologie, notamment les logiciels et le matériel de communications, pourraient être surestimés. À titre d'exemple, Moulton, Parker et Seskin (1999) et Parker et Grimm (2000) signalent que seul le segment de l'investissement en logiciels correspondant aux logiciels de série est déflaté à l'aide d'un indice de coût des intrants, tandis que les logiciels élaborés à l'interne sont déflatés à l'aide de la moyenne pondérée du déflateur des logiciels de série et des logiciels élaborés à l'interne. De même, le BEA précise que dans la catégorie du matériel

de communications, seul le matériel de commutation téléphonique est dégonflé à l'aide d'un déflateur de prix hédoniste à qualité constante.

Dans cette sous-section, nous considérons d'autres séries de prix pour les logiciels et le matériel de communications et examinons leur effet sur les estimations de la croissance économique aux États-Unis et les sources de cette croissance. Le tableau 2.4 présente les résultats de la comptabilité de la croissance sous trois scénarios différents. Le scénario de référence reprend les estimations du tableau 2.2, qui sont fondées sur les données de prix officielles des NIPA. Les deux autres scénarios, une baisse modérée des prix et une baisse rapide des prix, incorporent des séries de prix pour les logiciels et le matériel de communications qui montrent des baisses de prix plus rapides et, en conséquence, une croissance plus rapide de l'investissement réel[30].

Le scénario d'une baisse modérée des prix suppose que les prix des logiciels de série conviennent à tous les types d'investissement privé en logiciels, y compris les logiciels personnalisés et les logiciels élaborés à l'interne. Étant donné que l'indice des prix des logiciels de série est fondé sur des rajustements explicites pour la qualité, il baisse beaucoup plus rapidement que l'indice des prix des logiciels personnalisés et des logiciels élaborés à l'interne, c'est-à-dire de -10,1 p. 100 contre 0,4 et 4,1 p. 100, respectivement, pour l'ensemble de la période 1959-1998, selon Parker et Grimm (2000). Pour le matériel de communications, les données sont plus limitées et nous supposons que les prix ont chuté de 10,7 p. 100 par année sur l'ensemble de la période. Cette estimation correspond à la baisse annuelle moyenne « lissée » pour le matériel de commutation numérique sur la période 1985-1996, telle que présentée par Grimm (1997). Bien que cette série puisse ne pas convenir à tous les types de matériel de communications, elle est basée sur la meilleure information disponible.

Le scénario d'une baisse rapide des prix suppose que les prix des logiciels ont baissé de 16 p. 100 annuellement entre 1959 et 1998, c'est-à-dire le taux de diminution des prix rajusté pour tenir compte de la qualité, tel que présenté par Brynjolfsson et Kemerer (1996) pour les tableurs de micro-ordinateurs sur la période 1987-1992. Ce taux est légèrement plus élevé que le taux de -15 p. 100 estimé par Gandal (1994) pour la période 1986-1991 et considérablement plus élevé que la baisse annuelle de 3 p. 100 pour les logiciels de traitement de texte, de tableurs et de gestion de bases de données présentée par Oliner et Sichel (1994) pour la période 1987-1993. Dans le cas du matériel de communications, nous avons utilisé les estimations de Grimm (1997) pour la

période la plus récente, lesquelles montrent une baisse annuelle de 17,9 p. 100 au cours de la période 1992-1996.

Bien que cet exercice suppose nécessairement des choix arbitraires, les estimations englobent les données limitées actuellement disponibles et présentent une perspective utile sur l'importance critique de tenir compte de l'évolution de la qualité dans l'évaluation des prix des biens d'investissement. Les comparaisons entre ces trois scénarios sont également utiles parce qu'elles font ressortir l'ampleur des incertitudes auxquelles sont actuellement confrontés les analystes de la croissance économique aux États-Unis.

Avant d'examiner les résultats empiriques, il est utile d'insister sur le fait qu'une baisse plus rapide des prix de la technologie de l'information a deux effets directs et un effet indirect sur les sources de la croissance. Les autres déflateurs de l'investissement haussent la croissance réelle de la production en réaffectant une partie de la croissance nominale des prix vers les quantités. Cela contribue aussi à accroître le taux de croissance du stock de capital, étant donné que les quantités d'investissement estimées sont plus élevées à chaque année. Des baisses plus rapides des prix se traduisent aussi par une plus grande pondération des services du capital associés à la technologie de l'information.

Les effets compensateurs d'une augmentation de la production et d'une croissance plus forte des intrants se font sentir indirectement sur la croissance mesurée de la PTF. Selon les parts relatives des biens de haute technologie dans l'investissement et les services du capital, le résidu de la PTF augmentera si l'effet de production domine, ou diminuera si c'est l'effet associé aux services du capital qui domine[31]. À l'exemple de Solow (1957, 1960), Greenwood, Hercowitz et Krusell (1997) ne tiennent pas compte de l'effet de production et attribuent l'effet associé aux intrants au changement technique (intégré) « propre à chaque investissement spécifique ». Il importe de faire la distinction entre cet effet et les effets de la croissance de la productivité au niveau de l'industrie sur la croissance de la PTF, une question que nous abordons à la section 4.

Le tableau 2.4 présente les résultats de la comptabilité de la croissance sous ces trois scénarios : le scénario de référence, baisse modérée des prix et une baisse rapide des prix. Les résultats n'ont rien d'étonnant; plus est rapide la baisse des prix des logiciels et du matériel de communications, plus est élevé le taux de croissance de la production et des services du capital. Par rapport au

scénario de référence, la croissance de la production a augmenté de 0,16 point de pourcentage par année sur la période 1995-1998 dans le scénario d'une baisse modérée des prix et de 0,34 point de pourcentage dans le scénario d'une baisse rapide des prix. La croissance de l'intrant capital montre une augmentation légèrement supérieure dans les trois cas. Manifestement, les indices de prix à qualité constante sont essentiels dans le cas de la technologie de l'information pour en arriver à une meilleure compréhension de l'incidence de l'investissement en haute technologie sur la croissance.

L'accélération de la croissance de la production et des intrants traduit les contributions accrues de la TI et elle détermine l'effet sur le résidu de la PTF. En particulier, la contribution des logiciels à la croissance au cours de la période 1995-1998 passe de 0,21 point de pourcentage dans le scénario de référence à 0,29 point de pourcentage dans le scénario d'une baisse modérée des prix et à 0,40 point de pourcentage dans le scénario d'une baisse rapide des prix. De même, la contribution des services du capital liés aux logiciels passe de 0,19 à 0,29 et à 0,45 point de pourcentage. La contribution du matériel de communications fait voir une progression semblable. La croissance du résidu de la PTF a baissé légèrement durant les années 90, alors que l'effet associé aux intrants a été supérieur à l'effet de production, ce qui est imputable aux parts élevées des services du capital de TI.

Cet exercice illustre la sensibilité des sources de la croissance à différents indices de prix de la technologie de l'information. Nous ne voulons pas prétendre que les deux scénarios de rechange sont plus exacts que le scénario de référence par rapport aux prix officiels des NIPA. Compte tenu de la rareté des données sur les prix rajustés en fonction de la qualité pour le matériel de haute technologie, nous n'en savons tout simplement pas assez. Plutôt, nous avons tenté de faire ressortir l'importance d'une mesure exacte des prix et des quantités afin de comprendre les forces à l'œuvre derrière la croissance économique enregistrée aux États-Unis. Alors que les biens de haute technologie continuent de proliférer dans l'économie et que les autres biens d'investissement deviennent de plus en plus tributaires des composantes électroniques, ces questions de mesure prendront une importance croissante. Même si une tâche redoutable nous attend, la création d'indices de prix comportant un rajustement pour tenir compte de la qualité de tous les biens de haute technologie requiert une attention prioritaire.

Tableau 2.4

Croissance de la production intérieure privée et sources de la croissance aux États-Unis, 1959-1999

	Scénario de référence				Baisse modérée des prix				Baisse rapide des prix			
	1959 -1973	1973 -1990	1990 -1995	1995 -1998	1959 -1973	1973 -1990	1990 -1995	1995 -1998	1959 -1973	1973 -1990	1990 -1995	1995 -1998
Croissance de la production intérieure privée (Y)	4,33	3,13	2,74	4,73	4,35	3,30	2,90	4,89	4,36	3,38	3,03	5,07
Contribution de certains éléments de la production												
Autres (Y_n)	4,18	2,78	2,18	3,66	4,12	2,76	2,17	3,66	4,08	2,75	2,16	3,66
Consommation d'ordinateurs et logiciels (C_c)	0,00	0,02	0,09	0,17	0,00	0,02	0,09	0,17	0,00	0,02	0,09	0,17
Investissement en ordinateurs (I_c)	0,07	0,16	0,20	0,39	0,07	0,16	0,20	0,39	0,07	0,16	0,20	0,39
Investissement en logiciels (I_s)	0,03	0,08	0,13	0,21	0,04	0,14	0,22	0,29	0,05	0,17	0,29	0,40
Investissement en matériel de communications (I_m)	0,05	0,06	0,05	0,12	0,12	0,19	0,13	0,21	0,16	0,25	0,19	0,27
Services de CD, ordinateurs et logiciels (D_c)	0,00	0,02	0,09	0,19	0,00	0,02	0,09	0,19	0,00	0,02	0,09	0,19
Contribution des services du capital (K)	1,44	1,16	0,91	1,61	1,54	1,39	1,15	1,83	1,61	1,51	1,32	2,09
Autres (K_n)	1,26	0,81	0,51	0,86	1,25	0,80	0,51	0,86	1,25	0,79	0,51	0,85
Ordinateurs (K_c)	0,09	0,20	0,19	0,46	0,09	0,20	0,19	0,46	0,09	0,20	0,19	0,46
Logiciels (K_s)	0,03	0,07	0,15	0,19	0,05	0,15	0,28	0,29	0,06	0,18	0,36	0,45
Matériel de communications (K_m)	0,06	0,08	0,06	0,10	0,16	0,25	0,18	0,23	0,22	0,34	0,27	0,33
Contribution des services de CD (D)	0,63	0,47	0,29	0,56	0,63	0,46	0,29	0,56	0,63	0,46	0,29	0,56
Autres qu'ordinateurs et logiciels (D_n)	0,63	0,44	0,20	0,37	0,63	0,44	0,20	0,37	0,63	0,44	0,20	0,37
Ordinateurs et logiciels (D_c)	0,00	0,02	0,09	0,19	0,00	0,02	0,09	0,19	0,00	0,02	0,09	0,19
Contribution du travail (L)	1,25	1,17	1,18	1,57	1,25	1,17	1,18	1,57	1,25	1,18	1,18	1,57
Productivité totale des facteurs agrégée (PTF)	1,01	0,33	0,36	0,99	0,94	0,27	0,27	0,93	0,88	0,22	0,23	0,85

Tableau 2.4 (suite)

	Scénario de référence				Baisse modérée des prix				Baisse rapide des prix			
	1959 -1973	1973 -1990	1990 -1995	1995 -1998	1959 -1973	1973 -1990	1990 -1995	1995 -1998	1959 -1973	1973 -1990	1990 -1995	1995 -1998
Croissance des services du capital et des CD	4,99	3,85	2,85	4,94	5,24	4,40	3,43	5,44	5,41	4,70	3,84	6,02
Croissance de l'intrant travail	2,14	2,04	2,01	2,81	2,14	2,04	2,01	2,81	2,14	2,04	2,01	2,81
Contribution de la qualité du capital et des CD	0,40	0,41	0,43	0,95	0,48	0,59	0,63	1,11	0,54	0,70	0,78	1,34
Contribution du stock de capital et de CD	1,66	1,22	0,77	1,23	1,68	1,26	0,82	1,28	1,69	1,27	0,84	1,31
Contribution de la qualité du travail	0,45	0,20	0,37	0,25	0,45	0,20	0,37	0,25	0,45	0,20	0,37	0,25
Contribution des heures travaillées	0,80	0,97	0,81	1,32	0,80	0,97	0,81	1,32	0,80	0,98	0,81	1,32
Productivité moyenne du travail (*PMT*)	2,95	1,44	1,37	2,37	2,98	1,61	1,52	2,53	2,99	1,69	1,65	2,72

Note : Le scénario de référence est fondé sur les données officielles du NIPA pour les prix. Le scénario d'une baisse modérée des prix est basé sur le déflateur des logiciels de série pour l'ensemble des logiciels et d'une baisse annuelle des prix de 10,7 p. 100 pour le matériel de communications. Le scénario d'une baisse rapide des prix est fondé sur une diminution annuelle des prix de 16 p. 100 pour les logiciels et de 17,9 p. 100 pour le matériel de communications. Voir le texte pour plus de détails et les sources de données. La contribution d'un facteur est définie comme étant le taux de croissance réelle pondéré par la part du facteur. CD signifie biens de consommation durables. Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage.

2.2.7 Décomposition de la croissance de la PTF

Nous examinons ensuite le rôle des industries de haute technologie en tant que source de croissance de la PTF. Tel qu'indiqué précédemment, la production de biens d'investissement de haute technologie a fait une importante contribution à la croissance globale. À titre d'exemple, le CEA (2000) attribue 0,39 point de pourcentage de la croissance globale de la PTF à la production des ordinateurs, tandis que Oliner et Sichel (2000) attribuent 0,47 point de pourcentage à la production des ordinateurs et des semi-conducteurs liés aux ordinateurs pour la période 1995-1999[32].

Nous employons une méthodologie à « double » prix pour mesurer la productivité au niveau de l'industrie. Aux fins de notre analyse plus complète présentée à la section 4 ci-dessous, il est utile de préciser la décomposition de la croissance de la PTF par industrie. En utilisant la méthode d'agrégation de Domar, la croissance de la productivité au niveau de l'industrie est pondérée par le ratio de la production brute de chaque industrie à la valeur ajoutée agrégée, en vue d'estimer la contribution de l'industrie à la croissance globale de la PTF. Dans la méthode à « double » prix, le taux de croissance de la productivité est mesuré par la combinaison de la baisse du prix de la production et d'une moyenne pondérée des taux de croissance des prix des intrants.

Dans le cas de la production des ordinateurs, cette expression est dominée par deux termes : le prix des ordinateurs et le prix des semi-conducteurs, qui est un intrant intermédiaire de première importance pour l'industrie de la production des ordinateurs. Si la production de l'industrie des semi-conducteurs est exclusivement destinée à servir d'intrant dans la production des ordinateurs, alors sa contribution à la croissance de la productivité dans l'industrie des ordinateurs, pondérée en fonction de la production de cette dernière, annule précisément sa contribution indépendante à la croissance globale de la PTF[33]. Cette contribution indépendante de l'industrie des semi-conducteurs, calculée à l'aide d'une formule de pondération complète de Domar, correspond à la valeur de la production des semi-conducteurs divisée par la valeur ajoutée globale et multipliée par le taux de diminution des prix des semi-conducteurs.

Au tableau 2.5, nous présentons en détail notre décomposition de la PTF sous les trois scénarios décrits précédemment pour les périodes 1990-1995 et 1995-1998; la figure 2.10 renferme une comparaison sommaire du secteur de la TI et des autres secteurs. Dans notre scénario de référence, nous avons

estimé à l'aide des données officielles des NIPA que la production de technologie de l'information est à l'origine de 0,44 point de pourcentage de la croissance pour la période 1995-1998, comparativement à 0,25 point de pourcentage pour la période 1990-1995. Cela traduit l'accélération des changements de prix relatifs attribuable à un abrègement radical du cycle des produits des semi-conducteurs[34].

Comme nous l'avons déjà indiqué, les estimations des baisses de prix des investissements en haute technologie dans notre scénario de référence pourraient être conservatrices; de fait, ces estimations pourraient être *très* conservatrices. Prenons le scénario d'une baisse modérée des prix, qui reflète une partie seulement des données dont nous aurions besoin pour produire des estimations à qualité constante des baisses de prix de la technologie de l'information. Cela a pour effet de hausser la contribution de la technologie de l'information à la croissance de la PTF de 0,64 point de pourcentage, soit une hausse de 0,20 point de pourcentage pour la période 1995-1998. En allant vers ce qui semble être la limite externe de plausibilité, mais en conformité avec les données disponibles, nous pouvons envisager le scénario d'une baisse rapide des prix. La contribution de la technologie de l'information à la croissance de la PTF atteint maintenant 0,86 point de pourcentage, c'est-à-dire qu'elle représente l'ensemble de la croissance de la PTF pour la période 1995-1998.

À titre de dernière observation sur la décomposition de la PTF, signalons que l'accélération de la PTF à la fin des années 90 ne semble pas s'être exclusivement limitée aux industries productrices de TI. Si les taux réels de croissance varient considérablement entre nos trois scénarios, la croissance de la PTF dans les secteurs non liés à la TI augmente de façon marquée dans chaque scénario lorsque nous comparons la situation du début des années 90 à celle de la fin de la décennie. Cela va à l'encontre de la conclusion de Gordon (1999b), qui affirme que toute l'accélération observée de la croissance de la productivité du travail à la fin des années 90 traduit des gains dans la production de TI. Cette divergence illustre vraisemblablement la procédure de décomposition utilisée par Gordon, laquelle attribue une part importante de la croissance récente de la productivité à des facteurs cycliques, et au fait qu'il met l'accent sur la productivité du travail alors que nous insistons sur la croissance de la PTF.

Tableau 2.5

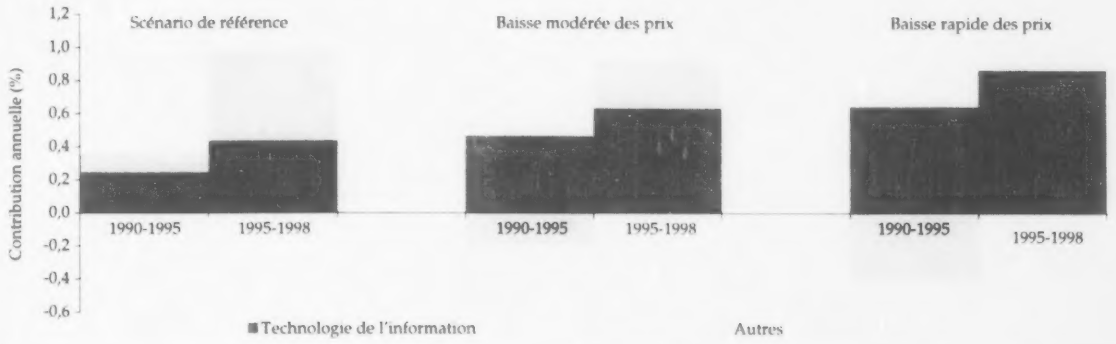
Décomposition de la croissance de la PTF pour différents scénarios de déflation des prix de la technologie de l'information, 1990-1998

	Scénario de référence		Baisse modérée des prix		Baisse rapide des prix	
	1990-1995	1995-1998	1990-1995	1995-1998	1990-1995	1995-1998
Croissance globale de la PT	0,36	0,99	0,27	0,93	0,23	0,85
	Contribution de la PTF					
Technologie de l'information	0,25	0,44	0,46	0,64	0,64	0,86
Ordinateurs	0,16	0,32	0,16	0,32	0,16	0,32
Logiciels	0,05	0,08	0,17	0,18	0,28	0,34
Matériel de communications	0,04	0,04	0,13	0,13	0,21	0,20
Technologie non liée à l'information	0,11	0,55	-0,19	0,29	-0,41	-0,01
	Changement relatif des prix					
Ordinateurs	-16,6	-29,6	-16,6	-29,6	-16,6	-29,6
Logiciels	-3,4	-4,2	-11,3	-9,7	-18,0	-18,0
Matériel de communications	-3,5	-3,8	-12,7	-12,7	-19,9	-19,9
	Part nominale moyenne					
Ordinateurs	0,96	1,09	0,96	1,09	0,96	1,09
Logiciels	1,54	1,88	1,54	1,88	1,54	1,88
Matériel de communications	1,05	1,02	1,05	1,02	1,05	1,02

Note : Le scénario de référence est fondé sur les données officielles des NIPA pour les prix. Le scénario d'une baisse modérée des prix est fondé sur le déflateur des logiciels de série pour l'ensemble des logiciels et une baisse annuelle de 10,7 p. 100 des prix du matériel de communications. Le scénario d'une baisse rapide des prix est fondé sur une baisse annuelle de 16 p. 100 du prix des logiciels et de 17,9 p. 100 du prix du matériel de communications. Voir le texte pour plus de détails et les sources de données. La contribution d'un facteur à la PTF est définie comme étant le taux de croissance des prix relatifs pondéré par la part de ce facteur.

Figure 2.10

Décomposition de la PTF pour divers scénarios de déflation



Note : La contribution annuelle de la technologie de l'information correspond à la diminution des prix relatifs pondérée par la part de ce secteur.

Cette accélération de la croissance de la PTF non liée à la TI pourrait aussi être interprétée comme une preuve de l'existence d'une « nouvelle économie ». En effet, si ces gains de productivité traduisent des retombées de la TI dans les industries non axées sur la TI, cela viendrait corroborer la thèse des tenants de la nouvelle économie. Par contre, cela pourrait aussi traduire un progrès technologique dans les industries non axées sur la TI tout à fait indépendant de la révolution de la TI. Il est impossible de départager ces deux hypothèses au niveau agrégé parce que cela nécessiterait des données détaillées au niveau de l'industrie pour la période plus récente de 1995 à 1998. En l'absence de telles données, des problèmes d'identification nous empêchent de tirer des conclusions fermes au sujet des sources et des conséquences de l'accélération de la PTF dans les industries non axées sur la TI.

2.3 Fixer la limite de vitesse

NOUS TOURNONS MAINTENANT NOTRE ATTENTION VERS LA DURABILITÉ de la tendance récente de la croissance aux États-Unis à un horizon plus lointain. Une croissance rapide de la production est fortement souhaitable, bien sûr, mais elle ne peut se poursuivre indéfiniment si elle est alimentée par une baisse du taux de chômage et une participation accrue à la population active. Une croissance de la production fondée sur des améliorations continues de la PTF a, par contre, plus de chance de persister. La durabilité de la croissance a des conséquences manifestes sur le plan des politiques gouvernementales. Étant donné que la croissance économique influe sur les recettes fiscales, les dépenses éventuelles de l'État et la viabilité à long terme de programmes tels que la sécurité sociale et l'assurance-maladie, cet indicateur est suivi de près par les organismes gouvernementaux. Dans la présente section, nous examinons les répercussions de la solide performance de l'économie américaine au cours des dernières années sur les prévisions officielles en matière de croissance.

2.3.1 Bref aperçu des méthodologies de prévision

L'importance de la croissance économique pour le gouvernement des États-Unis ressort de l'effort considérable qui est consacré à la projection de la croissance future. Pas moins de cinq organismes gouvernementaux — le Congressional Budget Office (CBO), la Social Security Administration (SSA), l'Office of Management and Budget (OMB), le Council of Economic

Advisers (CEA) et le General Accounting Office (GAO) — publient des estimations de la croissance future pour usage interne ou aux fins de la discussion publique. Dans la présente section, nous examinons brièvement les méthodologies employées par ces organismes[35].

Toutes les prévisions sont fondées sur des modèles qui ont de solides assises néoclassiques. Bien que ces modèles varient au niveau des détails et des hypothèses, ils emploient tous une fonction de production agrégée semblable à l'équation (1), de façon explicite ou implicite. En outre, ils utilisent tous les projections démographiques de la SSA comme base des estimations de l'offre de main-d'œuvre. Le CBO (1995, 1997, 1999a, 1999b, 2000) et le GAO (1995, 1996) emploient une fonction de production agrégée et décrivent le rôle de la croissance du travail, de l'accumulation du capital et du progrès technologique de façon explicite. Par ailleurs, la SSA (1992, 1996), l'OMB (1997, 2000) et le CEA (2000) emploient une relation simplifiée dans laquelle la croissance de la production est égale à la somme de la croissance du nombre d'heures travaillées et de la productivité du travail. Les projections à un horizon plus lointain sont déterminées par l'offre globale en accordant relativement peu d'attention aux fluctuations du cycle économique et aux effets liés à la demande globale.

Étant donné que l'on utilise un cadre et des sources de données communs, il n'est pas étonnant que les projections soient assez semblables. Analysant des estimations publiées en 1997, Stiroh (1998b) constate que les projections du PIB par habitant jusqu'à 2025 produites par la SSA et le GAO sont pratiquement identiques, tandis que celles du CBO sont d'environ 9 p. 100 plus élevées en raison des effets de rétroaction économique découlant de l'amélioration de la situation budgétaire du gouvernement. Plus récemment, le CBO (2000) a projeté la croissance réelle du PIB à 2,8 p. 100, l'OMB (2000) l'a projetée à 2,7 p. 100 pour la période 1999-2010 et le CEA (2000) la situe à 2,8 p. 100 pour la période 1999-2007. Bien qu'il y ait une légère différence dans la période de projection visée — le CBO prévoit une croissance plus rapide que l'OMB plus tôt au cours de la période, tandis que le CEA présente des projections uniquement jusqu'en 2007 — les estimations sont presque identiques. Les trois séries de projections font voir le récent boom d'investissement comme source de productivité croissante du travail et d'intensification du capital ainsi que comme source de croissance économique continue. Examinons maintenant les projections du CBO plus en détail.

2.3.2 Les projections de croissance du Congressional Budget Office

Le CBO utilise un modèle de croissance multi-sectoriel détaillé et complexe de l'économie des États-Unis[36]. Le cœur de ce modèle est une fonction de production à deux facteurs pour le secteur des entreprises non agricoles, les projections du CBO étant basées sur la croissance de la population active, l'épargne nationale et l'investissement, et la croissance de la PTF exogène. Les paramètres de la fonction de production sont calibrés avec des données historiques à l'aide d'un modèle Cobb-Douglas :

(6) $Y=A\cdot H^{0,7}K^{0,3}$

où Y est la production potentielle, H est le nombre potentiel d'heures travaillées, K est l'intrant capital et A est la productivité totale des facteurs potentielle[37].

Le CBO projette le nombre d'heures travaillées sur la base des tendances démographiques, en faisant des estimations distinctes pour différentes catégories définies en fonction de l'âge et du sexe. Ces estimations intègrent les estimations de la croissance de la population produites par la SSA, ainsi que les projections internes du CBO pour la participation à la population active et le nombre d'heures travaillées dans les différentes catégories. Cependant, le CBO n'utilise pas ces données démographiques détaillées pour déterminer les changements survenus dans la qualité du travail. L'intrant capital est mesuré par le flux de services provenant de quatre catégories de stocks de capital — le matériel durable des producteurs à l'exclusion des ordinateurs, les ordinateurs, les structures non résidentielles et les stocks. Les stocks sont estimés à l'aide de la méthode de l'inventaire permanent et pondérés en fonction des prix de location, ce qui signifie qu'ils tiennent compte jusqu'à un certain point des changements survenus dans la qualité du capital. La croissance de la PTF est projetée sur la base des tendances historiques récentes, la croissance de la qualité du travail étant implicitement incluse dans les estimations de la croissance de la PTF produites par le CBO.

Tournant notre attention vers les projections les plus récentes, présentées dans CBO (2000), nous nous intéressons au secteur des entreprises non agricoles, qui détermine les projections du PIB et repose sur le modèle de croissance le plus détaillé. Le tableau 2.6 résume les estimations du taux de croissance produites par le CBO pour les années 80 et 90, ainsi que les projections pour la période 1999-2010. Nous présentons aussi les estimations du BLS (2000) et nos résultats[38]. Le CBO prévoit une croissance potentielle du PIB de 3,1 p. 100 pour la période 1999-2010, ce qui est légèrement en hausse par rapport au niveau de 3,0 p. 100 enregistré dans les années 80 et le niveau de 2,9 p. 100 observé dans les années 90. Le CBO s'attend à ce que la croissance réelle du PIB soit légèrement inférieure à 2,8 p. 100, alors que l'économie évolue vers un taux de croissance à long terme soutenable. L'accélération de la croissance potentielle du PIB traduit une accumulation plus rapide du capital et la croissance de la PTF, lesquelles sont partiellement compensées par une croissance plus lente du nombre d'heures travaillées. La croissance projetée du PIB est de 0,4 p. 100 plus élevée que dans les estimations antérieures (CBO, 1999b) en raison d'une révision à la hausse de la croissance du capital (0,1 p. 100), d'une croissance légèrement plus rapide du nombre d'heures travaillées (0,1 p. 100) et d'une croissance plus rapide de la PTF, traduisant la révision de référence des NIPA et d'autres modifications techniques (0,2 p. 100)[39]. Les estimations du CBO pour le secteur des entreprises non agricoles font voir une forte croissance potentielle de la production, soit 3,5 p. 100 pour la période 1999-2010. Alors que la croissance prévue de la production est conforme à l'expérience des années 90 et un peu plus rapide que celle des années 80, on observe des différences significatives dans les sources sous-jacentes. La plus importante est que le CBO prévoit un rôle accru pour l'accumulation du capital et la croissance de la PTF au cours de la prochaine décennie, tandis que la croissance du nombre d'heures travaillées demeurera modeste. Cela signifie que la croissance future de la production sera déterminée par la croissance de la PMT plutôt que par la croissance du nombre d'heures travaillées.

Tableau 2.6

Taux de croissance de la production, des intrants et de la productivité totale des facteurs, comparaison du BLS, du CBO et de Jorgenson-Stiroh

	BLS	CBO						Jorgenson-Stiroh	
	Entreprises non agricoles	Ensemble de l'économie			Entreprises non agricoles				
	1990-1999	1980-1990	1990-1999	1999-2010	1980-1990	1990-1999	1999-2010	1980-1990	1990-1998
Production réelle	3,74	3,0	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,48	3,55
Intrant travail								2,14	2,34
Heures travaillées	1,68	1,6	1,2	1,1	1,6	1,5	1,2	1,81	1,76
Qualité du travail								0,33	0,58
Intrant capital					3,6	3,6	4,4	3,57	3,68
PTF – non rajustée pour tenir compte de la qualité du travail					0,9	1,2	1,4	0,91	0,97
PTF – rajustée pour tenir compte de la qualité du travail								0,73	0,63
PMT	2,06	1,4	1,7	1,9	1,5	1,9	2,3	1,67	1,79

Note : Les estimations du CBO (Congressional Budget Office) portent sur les séries de données « potentielles », rajustées pour tenir compte des effets du cycle économique. Les taux de croissance ne concordent pas exactement avec ceux du tableau 2.5 étant donné que nous utilisons ici des taux de croissance discrets pour assurer la concordance avec la méthodologie employée par le CBO. Le nombre d'heures travaillées dans l'ensemble de l'économie selon la méthodologie du CBO correspond à la main-d'œuvre potentielle.

Le CBO prévoit que la croissance potentielle de la PMT dans les entreprises non agricoles au cours de la période 1999-2010 atteindra 2,3 p. 100, sous l'effet d'une intensification du capital (3,2 p. 100) et de la croissance de la PTF (1,4 p. 100). Cela représente une hausse marquée de la croissance de la PMT par rapport au taux de 1,5 p. 100 enregistré durant les années 80 et de 1,9 p. 100 observé dans les années 90. En tentant de déterminer si l'accélération récente de la croissance de la PMT représente une rupture par rapport à la tendance passée, le CBO « accorde un poids considérable à la possibilité que l'expérience des dernières années représente une telle rupture (CBO, 2000, p. 43) ». Cette hypothèse semble plausible à la lumière des événements récents; le faible chômage et la participation élevée à la population active signifient que la croissance des heures travaillées est une source moins probable de croissance future. La chute des prix des investissements en technologie de l'information rend économiquement plus attrayante l'intensification du capital, tandis que l'accélération récente de la croissance de la PTF fournit des raisons supplémentaires de faire des projections optimistes.

À mesure que se poursuivait le boom de l'investissement et que les entreprises intégraient davantage de technologie de l'information à leur production, le CBO a périodiquement révisé à la hausse ses projections du taux de croissance du capital. Il est utile de signaler dans quelle mesure le rôle de l'accumulation du capital a augmenté dans les projections successives du CBO, passant d'un taux de croissance projeté de 3,6 p. 100 en janvier 1999 (CBO, 1999a) à 4,1 p. 100 en juillet 1999 (CBO, 1999b) et à 4,4 p. 100 en janvier 2000 (CBO, 2000). Cela traduit l'inclusion de l'investissement en logiciels, dont la croissance est relativement rapide dans la révision de référence des NIPA, mais tout en s'inscrivant dans la tendance récente en matière d'investissement.

De même, le CBO a haussé le taux projeté de croissance de la PTF dans ses estimations successives — de 1,0 p. 100 en janvier 1999 à 1,1 p. 100 en juillet 1999 et à 1,4 p. 100 en janvier 2000[40]. Ces révisions à la hausse traduisent des changements méthodologiques dans la façon dont le CBO tient compte de la baisse rapide des prix des biens d'investissement, notamment les ordinateurs, ce qui ajoute 0,2 p. 100 à l'estimation. Les rajustements apportés par le CBO pour tenir compte de la révision de référence des NIPA sont venus ajouter un autre 0,1 p. 100.

Le tableau 2.6 présente aussi nos propres estimations de la croissance pour des périodes à peu près comparables. Bien que les périodes ne soient pas exactement identiques, nos résultats sont semblables à ceux du CBO. Nous avons estimé une croissance légèrement plus rapide durant les années 80, attribuable à la croissance rapide des services liés aux biens de consommation durables, mais des taux légèrement moins élevés d'accumulation du capital, imputables à notre mesure plus large du capital. Notre estimation de la croissance du nombre d'heures travaillées est plus élevée puisque nous avons omis les rajustements cycliques apportés par le CBO dans l'élaboration de sa série potentielle[41]. Enfin, notre estimation du taux de croissance de la PTF est de beaucoup inférieure en raison des rajustements apportés pour tenir compte de la qualité du travail ainsi que de l'inclusion des biens de consommation durables. En laissant tomber le rajustement apporté pour tenir compte de la qualité du travail, notre estimation augmenterait de 1,0 p. 100 par année pour la période 1990-1998, comparativement à 1,2 p. 100 dans le cas du CBO pour la période 1990-1999. La différence traduit le fait que nous n'incluons pas la croissance rapide de la PTF en 1999, mais que nous avons inclus les services découlant des biens de consommation durables, qui ne supposent aucune croissance de la PTF.

2.3.3 Évaluation des projections du Congressional Budget Office

L'évaluation des projections de la croissance faites par le CBO nécessite une évaluation des estimations de cet organisme de la croissance du capital, du travail et de la PTF. Il importante de signaler que cela ne constitue par une critique du CBO mais, plutôt, une description de la « meilleure pratique » dans le difficile domaine des projections de la croissance. Signalons également que les comparaisons entre nos estimations et celles du CBO ne sont pas entièrement expliquées par notre notion plus étendue de la production et le fait que nous utilisons des séries de données réelles plutôt que les séries potentielles employées par le CBO.

Nous débutons avec les projections du niveau potentiel de l'intrant travail produites par le CBO. Ces données, fondées sur le nombre d'heures travaillées selon les projections démographiques du BLS et de la SSA, prévoient une diminution de la croissance du nombre d'heures travaillées de 1,5 p. 100 durant les années 90 à 1,2 p. 100 au cours de la période 1999-2010. Ce ralentissement traduit des changements démographiques bien connus associés au vieillissement de la population aux États-Unis. Cependant, le CBO

n'estime pas de façon explicite la qualité du travail, de sorte que les changements dans la composition de la main-d'œuvre se trouvent inclus dans les estimations de la croissance de la PTF produites par le CBO et sont essentiellement maintenus constants.

Nous estimons la croissance de la qualité du travail à 0,57 p. 100 annuellement au cours de la période 1990-1998, tandis que nos projections fondées sur les tendances démographiques donnent un taux de croissance de seulement 0,32 p. 100 pour la période 1998-2010. En retenant la part du facteur travail de 0,70 employée par le CBO, cela signifie qu'il y aurait une baisse de la contribution de la qualité du travail à la croissance d'environ 0,18 point de pourcentage par année à l'horizon de projection du CBO. Étant donné que cet effet lié à la qualité du travail est implicitement intégré aux estimations de la PTF produites par le CBO, nous en concluons que les projections de la PTF de cet organisme sont surestimées en proportion de cette diminution de 0,18 point de pourcentage de la contribution de la qualité du travail.

La croissance de la PTF est peut-être l'aspect le plus problématique des projections à long terme. À la lumière de l'expérience récente de l'économie américaine, il semblerait raisonnable de s'attendre à une solide performance de la productivité dans les années à venir. Tel qu'indiqué précédemment et comme le montre le tableau 2.2, la croissance de la PTF a augmenté de façon marquée au cours de la période 1995-1998. Cependant, une extrapolation de cette expérience pose le risque que nous interprétions une poussée temporaire de la productivité comme s'il s'agissait d'un changement de tendance permanent.

Deuxièmement, l'accélération récente de la croissance de la PTF est attribuable dans une très large mesure à la poussée de la croissance de la productivité dans les industries productrices de TI. Cela rend l'économie particulièrement vulnérable à un ralentissement de la croissance de la productivité dans ces industries. Les prix des ordinateurs ont diminué à un rythme extraordinaire au cours des années récentes et il est loin d'être clair que cette tendance puisse se poursuivre. Cependant, l'accélération du taux de diminution est le reflet d'un changement dans le cycle des produits de semi-conducteurs qui est passé de trois ans à deux ans et qui pourrait être de nature permanente.

Nous en concluons que la projection de la croissance de la PTF produite par le CBO est optimiste, parce que fondée sur l'hypothèse du maintien des tendances récentes de la productivité, mais tout en demeurant raisonnable. Cependant, nous réduisons cette projection de seulement 0,18 p. 100 par année pour tenir compte du fléchissement de la croissance de la qualité du travail, ce qui donnerait une croissance projetée de la PTF de 1,22 p. 100 annuellement. Afin d'obtenir une projection de la croissance de l'intrant travail, nous ajoutons la croissance de la qualité du travail, soit 0,32 p. 100 annuellement, à la projection de la croissance du nombre d'heures travaillées produite par le CBO, soit 1,2 p. 100 annuellement. En multipliant la croissance de l'intrant travail de 1,52 p. 100 annuellement par la part du travail employée par le CBO, soit 0,7, nous obtenons une contribution de l'intrant travail de 1,06 p. 100.

La projection faite par le CBO de la croissance annuelle de l'intrant capital, soit 4,4 p. 100, est plus élevée que pour toute autre décennie et dépasse de 0,8 p. 100 celle des années 90[42]. Cette projection est une extrapolation des hausses récentes de l'importance relative des ordinateurs, des logiciels et du matériel de communications. La poursuite de l'accumulation rapide du capital est également fondée sur la persistance de taux élevés de diminution des prix des biens d'investissement, ce qui est attribuable à la croissance rapide de la productivité dans les secteurs producteurs de TI. Tout fléchissement de ce taux de diminution aurait un double impact — une croissance plus lente de la PTF dans les industries productrices de TI et une réduction de l'intensification du capital dans les autres industries.

Par rapport aux tendances historiques, la projection de la croissance de l'intrant capital produite par le CBO, soit 4,4 p. 100, semble exagérée par rapport à la croissance projetée de la production potentielle de 3,5 p. 100. Durant les années 80, la croissance du capital a dépassé la croissance potentielle de la production de 0,4 p. 100, selon les estimations de l'organisme, ou de 0,1 p. 100 selon nos estimations. Dans les années 90, la croissance du capital a dépassé la croissance de la production par une marge de seulement 0,2 p. 100, selon les estimations de l'organisme, et de 0,1 p. 100 selon nos estimations. Cet écart passe à 0,9 p. 100 pour la période visée par les projections du CBO, c'est-à-dire 1999-2010.

Une révision à la baisse de la croissance de l'intrant capital pour tenir compte de la différence de 0,2 p. 100 entre la croissance de la production et la croissance de l'intrant capital durant la période 1995-1998 ramènerait la projection

de la croissance de la production du CBO à 3,35 p. 100 par année. Cela correspond à la somme de la croissance annuelle projetée de la PTF, soit 1,22 p. 100, de la contribution de l'intrant travail de 1,06 p. 100 annuellement et de la contribution de l'intrant capital de 1,07 p. 100 annuellement. C'est là une réduction très modeste de la croissance annuelle de la production par rapport à la projection de 3,5 p. 100 produite par le CBO, qui peut être attribuée à l'omission du fléchissement projeté de la croissance de la qualité du travail.

Nous en concluons que les projections du CBO sont conformes aux données présentées ainsi qu'à notre propre analyse des tendances récentes. Nous devons souligner, toutefois, que tout ralentissement du progrès technique dans les technologies de l'information pourrait avoir une incidence majeure sur la croissance potentielle. Par le jeu des mécanismes de la production et des intrants, l'économie américaine est devenue fortement tributaire de la technologie de l'information comme source de croissance continue. Si la croissance de la productivité dans ces industries devait fléchir, les projections que nous avons passées en revue pourraient s'avérer trop optimistes.

2.4 Productivité au niveau de l'industrie

NOUS AVONS EXPLORÉ LES SOURCES de la croissance économique aux États-Unis au niveau agrégé et montré que l'accélération de la croissance de la PTF a fait une importante contribution à la poussée récente de la croissance. Les gains de PTF au niveau agrégé — la capacité de produire davantage avec les mêmes intrants — traduisent l'évolution de la structure de production au niveau de l'établissement ou de l'entreprise en réaction aux changements technologiques, à des choix de gestion et aux chocs économiques. Ces changements aux niveaux de l'entreprise et de l'industrie s'additionnent pour déterminer la croissance globale de la PTF. Nous tournons maintenant notre attention vers les données au niveau de l'industrie afin de préciser les sources de la croissance globale de la PTF au niveau des industries individuelles, et de la réaffectation de la production et des intrants parmi les industries.

Notre approche emprunte le cadre de Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) pour la quantification des sources de la croissance économique dans les industries américaines. Les définitions des industries et des sources de données ont été mises à jour. La méthodologie de Jorgenson, Gollop et Fraumeni pour l'agrégation des industries est fondée sur le modèle d'agrégation de Domar

(1961). Jorgenson et Stiroh (2000) ont présenté des données sommaires tirées de nos travaux; parmi les autres études récentes consacrées à la croissance de la productivité au niveau de l'industrie, il y a notamment celles du BLS (1999), de Corrado et Slifman (1999) et de Gullickson et Harper (1999). Dans le reste de la présente section, nous présentons un aperçu de notre méthodologie et une analyse des résultats.

2.4.1 Méthodologie

Comme pour le modèle de production au niveau agrégé examiné à la section 2, nous débutons avec un modèle de production au niveau de chaque industrie. Toutefois, une distinction fondamentale entre les deux est que la production de l'industrie, Q_i, est mesurée par la « production brute », une notion qui englobe la production destinée à la demande finale et la production acheminée vers les autres industries pour y servir de biens intermédiaires. De même, les intrants englobent tous les facteurs de production, y compris les services du capital, K_i, et les services du travail, L_i, ainsi que les intrants intermédiaires, l'énergie, E_i, et les matières, M_i, achetés auprès d'autres industries[43]. Notre modèle est fondé sur la fonction de production de l'industrie :

$$(7) \qquad Q_i = A_i \cdot X_i(K_i, L_i, E_i, M_i)$$

où les indices temporels ont été supprimés par souci de clarté.

Nous pouvons dériver une équation de comptabilité de la croissance semblable à l'équation (2) pour chaque industrie afin de mesurer individuellement les sources de la croissance économique pour chaque industrie. La différence essentielle réside dans l'utilisation de la production brute et d'une comptabilité explicite de la contribution à la croissance des intrants intermédiaires achetés auprès des autres industries. Cela donne l'équation suivante :

$$(8) \qquad \Delta \ln Q_i = \overline{w}_{K_i} \Delta \ln K_i + \overline{w}_{L_i} \Delta \ln L_i + \overline{w}_{E_i} \Delta \ln E_i + \overline{w}_{M_i} \Delta \ln M_i + \Delta \ln A_i$$

où $\overline{w}_i$ est la part moyenne de l'intrant concerné dans l'industrie i. Les hypothèses de rendement d'échelle constants et de marché concurrentiel supposent donc que : $\overline{w}_{K_i} + \overline{w}_{L_i} + \overline{w}_{E_i} + \overline{w}_{M_i} = 1$.

Le facteur d'augmentation, $\Delta \ln A_i$ représente la croissance de la production qui n'est pas expliquée par la croissance des intrants et qui, conceptuellement, est analogue à la notion de PTF utilisée ci-dessus dans les comptes agrégés. Il représente les gains d'efficience, le progrès technologique, les économies d'échelle et les erreurs de mesure qui se traduisent par une plus grande quantité de production brute mesurée à partir du même ensemble d'intrants mesurés. Nous appelons ce terme la *productivité de l'industrie* ou tout simplement la *productivité* pour la distinguer de la PTF, qui est estimée à partir d'une notion de la valeur ajoutée de la production[44].

Domar (1961) a été le premier à élaborer une méthodologie cohérente permettant de lier la croissance de la productivité au niveau de l'industrie dans l'équation (8) à la croissance de la PTF globale dans l'équation (2). Il a montré que la croissance de la PTF au niveau agrégé pouvait être exprimée sous la forme d'une moyenne pondérée de la croissance de la productivité industrielle :

$$(9) \qquad \Delta \ln A = \sum_{i=1}^{37} \overline{w}_i \cdot \Delta \ln A_i, \quad \overline{w}_i = \frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,t} \cdot Q_{i,t}}{P_{Y,t} \cdot Y_t} + \frac{P_{i,t-1} \cdot Q_{i,t-1}}{P_{Y,t-1} \cdot Y_{t-1}} \right),$$

où $\overline{w}_i$ est le « facteur de pondération de Domar », $P_i \cdot Q_i$ est la production brute en dollars courants dans le secteur i et $P_Y \cdot Y$ est la valeur ajoutée agrégée en dollars courants. Cette version simplifiée de la formule d'agrégation présentée par Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) exclut les réaffectations de valeur ajoutée, de l'intrant capital et de l'intrant travail par secteur. Jorgenson et Stiroh (2000) montrent que ces termes sont négligeables pour la période 1958-1996, ce qui concorde avec les résultats obtenus par Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987), et ceux de Jorgenson (1990) pour des périodes de durée semblable.

Une caractéristique distinctive des facteurs de pondération de Domar est que leur somme ne correspond pas à l'unité. Cela traduit les différentes notions de la production utilisées au niveau agrégé et à celui de l'industrie dans les équations (1) et (7), respectivement. Au niveau agrégé, seuls les intrants primaires sont inclus, tandis que les intrants primaires et les intrants intermédiaires sont inclus dans les fonctions de production au niveau de l'industrie. Dans l'industrie représentative, la production brute dépasse sensiblement la valeur ajoutée, de sorte que la somme de la production brute des industries dépasse la somme des valeurs ajoutées. Cette méthodologie de pondération

suppose que la PTF dans l'ensemble de l'économie peut croître plus rapidement que la productivité dans toute industrie donnée, en raison du fait que les gains de productivité se trouvent exagérés à mesure qu'ils franchissent le processus de production[45].

En plus de fournir un cadre d'agrégation cohérent sur le plan interne, la production brute au niveau de l'industrie accorde un rôle explicite aux biens intermédiaires en tant que source de croissance dans l'industrie. À titre d'exemple, Triplett (1996) montre qu'une part importante des baisses de prix inhérents à la production des ordinateurs peut être imputée aux importantes baisses de prix des semi-conducteurs, qui est le principal intrant intermédiaire de l'industrie de la production des ordinateurs. Les baisses de prix des semi-conducteurs traduisent des progrès technologiques —la loi de Moore à l'œuvre. Cela devrait se mesurer dans la croissance de la productivité de l'industrie qui produit les semi-conducteurs. En comptabilisant correctement la quantité et la qualité des intrants intermédiaires, la notion de production brute permet une répartition exacte des gains de PTF agrégés parmi les industries.

2.4.2 Sources de données

Nos données primaires englobent un ensemble de comptes de transactions inter-industries élaboré par le Employment Projections Office du BLS. Ces données couvrent une période relativement courte, soit de 1977 à 1995. Nous avons lié les estimations du BLS aux estimations au niveau de l'industrie en remontant jusqu'à 1958, tel que décrit dans Stiroh (1998a), et en extrapolant à 1996 avec les données courantes par industrie du BLS et du BEA[46]. Cela a produit une série temporelle allant de 1958 à 1996 pour 37 industries correspondant approximativement à la classification type des industries (CTI) à deux chiffres, y compris les ménages privés et le secteur gouvernement général[47]. Le tableau 2.7 énumère les 37 industries et fait voir la taille relative mesurée selon la valeur ajoutée de la production brute en 1996, ainsi que les codes de la CTI correspondants pour chaque industrie.

Tableau 2.7

Valeur ajoutée et croissance de la production par industrie, 1996

Industrie	Codes de la CTI	Valeur ajoutée	Production brute
Agriculture	01-02, 07-09	133,3	292,2
Mines métalliques	10	8,8	10,7
Mines de charbon	11-12	14,7	21,1
Pétrole et gaz	13	57,4	83,3
Mines non métalliques	14	10,5	17,0
Construction	15-17	336,0	685,5
Produits alimentaires	20	147,2	447,6
Produits du tabac	21	26,7	32,7
Produits des usines de textile	22	19,9	58,9
Vêtements et textiles	23	40,7	98,5
Bois d'œuvre et bois brut	24	34,2	106,7
Meubles et articles d'ameublement	25	23,4	54,5
Produits du papier	26	68,3	161,0
Imprimerie et édition	27	113,5	195,6
Produits chimiques	28	184,0	371,2
Raffinage du pétrole	29	44,7	184,3
Caoutchouc et plastiques	30	64,1	148,9
Produits du cuir	31	3,4	8,1
Pierre, argile et verre	32	40,4	79,1
Métaux primaires	33	57,6	182,1
Métaux ouvrés	34	98,4	208,8
Machines et matériel industriels	35	177,8	370,5
Matériel électronique et électrique	36	161,9	320,4
Véhicules automobiles	371	84,9	341,6
Autre matériel de transport	372-379	68,0	143,8
Instruments	38	81,3	150,0
Fabrication diverse	39	24,8	49,3
Transport et entreposage	40-47	258,6	487,7
Services publics d'électricité	491, 493	111,8	186,7
Services publics de gaz	492, 493, 496	32,9	57,9
Commerce	50-59	1 201,2	1 606,4
Finances, assurances et immobilier	60-67	857,8	1 405,1
Services	70-87, 494-495	1 551,9	2 542,8
Entreprises gouvernementales		95,2	220,2
Ménages privés	88	1 248,4	1 248,4
Secteur gouvernemental général		1 028,1	1 028,1

Note : Toutes les valeurs sont exprimées en dollars courants. La valeur ajoutée correspond aux paiements aux facteurs capital et travail; la production brute englobe les paiements pour les intrants intermédiaires.

Avant de procéder à l'examen des résultats empiriques, nous devrions souligner deux limitations inhérentes à cette analyse au niveau de l'industrie. En raison du long délai qui s'est écoulé avant que nous puissions obtenir des données détaillées sur les transactions inter-industries, l'investissement et la production par industrie, nos données au niveau de l'industrie ne concordent pas avec la révision de référence des NIPA produite par le BEA et publiée en décembre 1999; elles correspondent aux données des NIPA produites par le BEA en novembre 1997. En conséquence, elles ne sont pas directement comparables aux données agrégées présentées ans les tableaux 2.1 à 2.6. Étant donné que la révision de référence a eu pour effet de hausser la production et la croissance de la PTF au niveau agrégé, il n'est pas étonnant que les données au niveau de l'industrie fassent voir une croissance de la production et de la productivité plus lente. En outre, dans cette analyse au niveau de l'industrie, nos estimations des prix de location pour l'ensemble des biens sont fondées sur les termes de réévaluation des biens à la grandeur de l'industrie, comme dans Stiroh (1998a). Elles ne sont pas directement comparables aux données agrégées sur l'intrant capital, où les termes de réévaluation spécifiques aux divers biens sont inclus dans les estimations du prix de location. L'utilisation de termes de réévaluation au niveau de l'industrie a tendance à réduire la croissance des services du capital étant donné que les biens dont les prix relatifs diminuent, comme les ordinateurs, font voir des taux d'accumulation élevés et des prix élevés pour les services connexes.

2.4.3 Résultats empiriques

2.4.3.a Sources de croissance de l'industrie

Le tableau 2.8 présente les estimations des composantes de l'équation (8) pour la période 1958-1996. Pour chaque industrie, nous montrons la croissance de la production, la contribution de chaque intrant (définie comme étant le taux de croissance nominal de l'intrant pondéré par sa part respective) et la croissance de la productivité. Nous présentons également des données sur la croissance de la productivité moyenne du travail (PMT), définie comme étant la croissance brute réelle par heure travaillée, ainsi que les facteurs de pondération de Domar calculés à l'aide de l'équation (9). Nous centrons la discussion sur les résultats que nous avons obtenus pour la croissance de la productivité et de la PMT au niveau de l'industrie.

Tableau 2.8
Sources de la croissance économique par industrie aux États-Unis, 1958-1996

Industrie	Croissance de la production	Contributions des intrants				Croissance de la productivité	Croissance de la PMT	Facteur de pondération de Domar
		Capital	Travail	Énergie	Matières			
Agriculture	1,70	0,19	-0,13	-0,04	0,51	1,17	3,21	0,062
Mines métalliques	0,78	0,73	-0,07	-0,07	-0,26	0,44	0,99	0,003
Mines de charbon	2,35	0,82	0,00	0,06	0,63	0,84	2,32	0,005
Pétrole et gaz	0,43	0,61	-0,01	0,06	0,20	-0,44	0,88	0,022
Mines non métalliques	1,62	0,59	0,18	0,06	0,34	0,46	1,52	0,003
Construction	1,43	0,07	0,87	0,02	0,91	-0,44	-0,38	0,113
Produits alimentaires	2,20	0,21	0,18	0,00	1,27	0,54	1,59	0,076
Produits du tabac	0,43	0,59	0,05	0,00	-0,01	-0,20	0,88	0,004
Produits des usines de textile	2,23	0,12	0,02	0,01	0,86	1,23	2,54	0,013
Vêtements et textiles	2,03	0,24	0,17	0,00	0,82	0,80	2,01	0,022
Bois d'œuvre et bois brut	2,24	0,21	0,33	0,02	1,70	-0,02	1,55	0,015
Meubles et articles d'ameublement	2,91	0,31	0,58	0,02	1,44	0,56	1,78	0,007
Produits du papier	2,89	0,50	0,40	0,05	1,51	0,42	1,96	0,022
Imprimerie et édition	2,51	0,55	1,20	0,02	1,19	-0,44	0,14	0,024
Produits chimiques	3,47	0,74	0,47	0,09	1,58	0,58	2,02	0,048
Raffinage du pétrole	2,21	0,44	0,24	0,49	0,71	0,33	0,80	0,033
Caoutchouc et plastiques	5,17	0,47	1,16	0,08	2,43	1,04	1,94	0,016
Produits du cuir	-2,06	-0,11	-1,13	-0,02	-1,08	0,28	2,08	0,004
Pierre, argile et verre	1,86	0,26	0,37	0,00	0,82	0,41	1,30	0,014
Métaux primaires	1,14	0,13	0,05	-0,03	0,77	0,22	1,51	0,040

Tableau 2.8 (suite)

Industrie	Croissance de la production	Contributions des intrants				Croissance de la productivité	Croissance de la PMT	Facteur de pondération de Domar
		Capital	Travail	Énergie	Matières			
Métaux ouvrés	2,28	0,26	0,28	0,00	1,09	0,65	1,88	0,035
Machines et matériel industriels	4,79	0,52	0,75	0,02	2,04	1,46	3,15	0,048
Matériel électronique et électrique	5,46	0,76	0,65	0,03	2,04	1,98	4,08	0,036
Véhicules automobiles	3,61	0,28	0,29	0,02	2,78	0,24	2,28	0,043
Autre matériel de transport	1,31	0,23	0,37	0,00	0,52	0,18	1,00	0,027
Instruments	5,23	0,65	1,44	0,03	1,99	1,12	2,57	0,017
Fabrication diverse	2,53	0,34	0,41	0,00	0,95	0,82	2,08	0,008
Transport et entreposage	3,25	0,20	0,72	0,12	1,34	0,86	1,74	0,061
Communications	5,00	1,62	0,53	0,02	1,95	0,88	3,93	0,033
Services publics d'électricité	3,22	1,01	0,20	0,67	0,83	0,51	2,52	0,026
Services publics de gaz	0,56	0,66	-0,04	0,14	0,05	-0,24	0,94	0,016
Commerce	3,66	0,62	0,83	0,04	1,19	0,98	2,49	0,195
Finances, assurances et immobilier	3,42	1,14	0,94	0,00	1,52	-0,18	0,66	0,131
Services	4,34	0,84	1,70	0,07	1,92	-0,19	0,92	0,208
Entreprises gouvernementales	2,86	1,24	1,08	0,23	0,83	-0,52	0,49	0,022
Ménages privés	3,50	3,55	-0,06	0,00	0,00	0,00	5,98	0,137
Secteur gouvernemental général	1,35	0,60	0,75	0,00	0,00	0,00	0,46	0,131

Note : La croissance de la production correspond à la croissance annuelle moyenne de la production brute réelle. Les contributions des intrants sont définies comme étant la croissance moyenne de l'intrant, pondérée par sa part. La croissance de la productivité est définie à l'équation (8). La croissance de la PMT est la croissance de la productivité moyenne du travail. Le facteur de pondération de Domar est le ratio moyen de la production brute de l'industrie à sa valeur ajoutée agrégée, tel que défini à l'équation (9). Toutes les valeurs sont exprimées en pourcentage, sauf les facteurs de pondération de Domar.

La croissance de la productivité industrielle a été la plus élevée dans deux industries de haute technologie, à savoir les machines et le matériel industriels et le matériel électrique et électronique, à 1,5 p. 100 et 2,0 p. 100 par année, respectivement. Les machines industrielles englobent la production de matériel informatique (catégorie 357 de la CTI), tandis que le matériel électronique englobe la production des semi-conducteurs (catégorie 3674 de la CTI) et le matériel de communications (catégorie 366 de la CTI). Le progrès technologique considérable enregistré dans la production de ces biens d'investissement de haute technologie a engendré une baisse des prix et une croissance de la productivité, tout en suscitant une substitution vers la technologie de l'information.

Une caractéristique importante des données est que la croissance de la productivité peut être isolée pour les industries qui produisent des biens intermédiaires, par exemple le matériel électronique et électrique[48]. Examinons le contraste entre la production d'ordinateurs et la production de semi-conducteurs. Les ordinateurs font partie de la demande finale, vendus comme biens de consommation et d'investissement; ils peuvent être identifiés dans les données agrégées, comme nous l'avons fait au tableau 2.2. Par contre, les semi-conducteurs n'apparaissent pas au niveau agrégé parce qu'ils sont vendus presque exclusivement en tant que biens intermédiaires entrant dans la production des ordinateurs, du matériel de télécommunications et d'une gamme de plus en plus vaste d'autres biens comme les machines-outils, les voitures et presque tous les appareils ménagers de fabrication récente. Néanmoins, l'amélioration de la production des semi-conducteurs est une source importante de croissance de la PTF au niveau agrégé étant donné qu'elle est, en définitive, responsable de la baisse des prix et de l'amélioration de la qualité de biens, comme les ordinateurs, qui sont produits en vue de satisfaire la demande finale.

Les baisses spectaculaires de prix enregistrées dans le matériel informatique et le rôle de premier plan joué par l'investissement en ordinateurs dans les comptes du PIB ont incité Gordon (1999b), Whelan (1999) et d'autres à s'intéresser au progrès technologique dans la production des ordinateurs. Cependant, Triplett (1996) a quantifié le rôle des semi-conducteurs comme intrant intermédiaire et a estimé que la baisse des prix des semi-conducteurs pourrait être à l'origine de la presque totalité de la baisse des prix relatifs du matériel informatique. Il arrive à la conclusion que la productivité dans l'industrie des ordinateurs est modeste en comparaison des gains spectaculaires de productivité observés dans l'industrie des semi-conducteurs (Triplett, 1996, p. 137)[49].

La baisse des prix des semi-conducteurs se reflète dans les prix des intrants intermédiaires de l'industrie des ordinateurs, ce qui a pour effet de déplacer l'effet de productivité de la fabrication des ordinateurs vers celle des semi-conducteurs. En s'appuyant sur cette observation, Oliner et Sichel (2000) présentent un modèle à 3 secteurs — la production de semi-conducteurs, la production d'ordinateurs et les autres biens — et montrent que la productivité dans le secteur des semi-conducteurs est sensiblement plus élevée que la productivité dans le secteur de la fabrication des ordinateurs. Notre cadre industriel détaillé, fondé sur l'agrégation de Domar pour l'ensemble des industries, permet de saisir les contributions de toutes les industries à la croissance de la productivité.

Au tableau 2.8, l'incidence des intrants intermédiaires ressort de la contribution importante des intrants matériels dans l'industrie des machines industrielles. Puisqu'une part substantielle de ces intrants consiste en semi-conducteurs achetés auprès de l'industrie du matériel électronique, les gains de productivité qui abaissent les prix des semi-conducteurs contribuent à accroître le flux d'intrants intermédiaires dans l'industrie des machines industrielles. Lorsqu'on comptabilise correctement ces intrants, la croissance de la productivité de l'industrie des machines industrielles diminue et nous pouvons alors attribuer correctement le progrès technologique à l'industrie du matériel électronique, c'est-à-dire celle qui produit les semi-conducteurs. Bien que cette forme de réaffectation inter-industrielle n'influe pas sur la croissance globale de la productivité, elle est importante pour déterminer avec précision les sources de la croissance de la productivité et répartir celle-ci parmi les industries afin d'évaluer la pérennité de la récente accélération de la productivité.

Les deux industries de haute technologie montrent aussi des taux élevés de croissance annuelle de la productivité moyenne du travail (PMT), soit de 3,1 et 4,1 p. 100, respectivement. Cela traduit une relation sous-jacente semblable à celle de l'équation (3) pour les données agrégées, où la croissance de la PMT au niveau de l'industrie traduit la croissance de la productivité dans l'industrie, la croissance de la qualité du travail et l'accroissement de l'intensité des intrants, y compris les augmentations de capital et d'intrants intermédiaires par heure travaillée. Comme le suppose le tableau 2.8, ces industries ont connu une accumulation rapide de capital et d'intrants intermédiaires, ce qui a contribué à hausser la croissance de la PMT au-dessus de la croissance de la productivité. Il est aussi utile de signaler qu'une autre industrie de haute technologie, les communications, montre une croissance de la PMT beaucoup plus rapide que la croissance de la productivité industrielle

attribuable à l'accumulation rapide d'intrants, notamment les biens intermédiaires. Ces résultats font ressortir l'importance capitale de comptabiliser l'ensemble des intrants au moment d'analyser les sources de la croissance d'une industrie.

La croissance de la productivité dans le secteur des technologies de l'information offre une perspective définitive sur les conclusions de Greenwood, Hercowitz et Krusell (1997) et de Hercowitz (1998). Ces derniers ont affirmé qu'environ 60 p. 100 de la croissance économique aux États-Unis durant la période d'après-guerre pouvait être attribuée à la croissance de la productivité (intégrée) à des investissements spécifiques, qu'ils distinguent de l'accumulation des intrants et de la croissance de la productivité (non intégrée). Ils notent par ailleurs que le prix relatif du matériel aux États-Unis a baissé de 3 p. 100 annuellement, ce qu'ils interprètent comme une preuve du changement technique qui touche les biens en capital, mais non les biens de consommation. Notre décomposition révèle toutefois que les baisses de prix des biens d'investissement sont la conséquence d'améliorations de la productivité (non intégrée) au niveau de l'industrie. L'agrégation de Domar montre comment ces améliorations contribuent directement à la croissance de la PTF au niveau agrégé. Il n'y a pas de rôle distinctif pour le changement technique lié à un investissement spécifique.

D'autres industries ont connu une croissance de la productivité relativement forte sont notamment l'agriculture, les produits des usines de textile, le caoutchouc et les plastiques, les instruments et le commerce. Ces industries ont enregistré une croissance annuelle de la productivité d'environ 1,0 p. 100 et une croissance annuelle de la PMT variant entre 2 et 3 p. 100. Les industries où la croissance de la productivité a été la plus lente sont, notamment, le pétrole et le gaz, la construction, l'imprimerie et l'édition, et les entreprises gouvernementales, qui ont toutes enregistré une baisse de la productivité de près de 0,5 p. 100 annuellement.

Il est utile de signaler que 9 industries ont enregistré une croissance négative de la productivité sur l'ensemble de la période, un résultat qui va contre l'intuition si nous interprétons la croissance de la productivité uniquement en termes de progrès technologique. Il est difficile d'envisager une détérioration persistante de la technologie sur une période de près de 40 ans, comme le supposeraient ces estimations. Le phénomène déroutant d'un progrès technique négatif a été l'un des principaux motifs à l'origine des travaux de Corrado et Slifman (1999) et de Gullickson et Harper (1999), qui affirment

que des problèmes de mesure persistants pourraient constituer une explication plausible. Corrado et Slifman (1999) arrivent à la conclusion qu'une explication statistique plus vraisemblable pour les tendances peu crédibles de la productivité, de la rentabilité et des prix est que ces tendances traduisent des problèmes de mesure des prix (p. 331). Si les prix sont systématiquement surévalués parce que les changements de qualité ne sont pas mesurés avec précision, la production et la productivité sont alors sous-évaluées. Nous ne poursuivrons pas cette réflexion ici et nous nous bornerons à souligner que les problèmes de mesure sont considérés comme une explication raisonnable par certaines agences de statistiques[50].

Une autre interprétation possible de la croissance négative de la productivité serait un fléchissement de l'efficience n'ayant aucun lien avec la technologie. Cela pourrait être une qualité inférieure de la gestion ou une dégradation de l'organisation industrielle à mesure que des barrières à l'entrée sont érigées. Cela explication semble plausible, compte tenu de la fréquence des cas de croissance négative de la productivité durant des périodes prolongées. Jusqu'à ce que des travaux de recherche plus précis établissant un lien entre la productivité aux niveaux de l'entreprise et de l'établissement et les estimations de la productivité industrielle aient été réalisés, il semble prématuré d'en conclure que les estimations de la performance économique devraient être rajustées afin de supprimer les taux de croissance négatifs de la productivité dans tous les cas.

Les faibles taux de croissance de la productivité ont de quoi étonner, à la lumière du fait que plusieurs industries touchées ont fait des investissements importants en technologie de l'information. Ainsi, Stiroh (1998a) note que près de 80 p. 100 de l'investissement en ordinateurs au début des années 90 a eu lieu dans 3 industries liées aux services : le commerce, les FAI et les services. Triplett (1999) signale une concentration élevée dans les industries de services selon les données d'une enquête sur l'utilisation du capital réalisée par le BEA. La combinaison apparente d'une lente croissance de la productivité et d'une forte utilisation de l'ordinateur demeure un important obstacle à surmonter pour les tenants de la nouvelle économie, qui font valoir que l'utilisation de la technologie de l'information change de façon fondamentale les pratiques d'affaires et hausse la productivité dans l'ensemble de l'économie américaine.

2.4.3.b Comparaison avec les autres résultats

Avant de faire l'examen des résultats de l'agrégation de Domar, il est utile de comparer ces résultats à ceux de trois études récentes — BLS (1999), Corrado et Slifman (1999) et Gullickson et Harper (1999). Le BLS (1999) présente des données sur la croissance de la productivité au niveau de l'industrie (« productivité multi-factorielle au niveau de l'industrie », selon leur terminologie) dans 19 industries manufacturières sur la période 1949-1996. Corrado et Slifman (1999) présentent des estimations de la croissance de la PMF dans certaines industries de la CTI à un chiffre et à deux chiffres sur la période 1977-1997. Gullickson et Harper (1999) présentent des données sur la croissance de la productivité dans certaines industries de la CTI à un chiffre et à deux chiffres à l'aide de deux séries de données couvrant la période 1947-1992. En s'inspirant du BLS (1999), Gullickson et Harper utilisent une notion de la « production sectorielle » estimée par les responsables des projections de l'emploi du BLS; en outre, pour la période 1977-1992, ils utilisent les séries de données brutes sur la production du BEA, « rajustées pour les rendre cohérentes »[51]. À noter qu'aucune de ces études ne tient compte de la révision de référence des NIPA apportée par le BEA.

Les différences dans les périodes visées, les classifications industrielles et les méthodologies employées rendent impossible toute conciliation définitive de ces résultats avec les nôtres. À titre d'exemple, le BLS (1999) présente des données détaillées sur les industries manufacturières; Corrado et Slifman (1999) utilisent une notion axée sur la valeur ajoutée, soit la « production brute d'origine » du BEA pour mesurer la production; Gullickson et Harper (1999) utilisent les mêmes sources de données que nous, mais en apportant différents rajustements pour les rendre cohérentes et en ne tenant pas compte de l'augmentation de la qualité du travail. Néanmoins, il est utile de comparer les grandes tendances pour des périodes semblables afin d'évaluer la robustesse de nos résultats.

Nous examinons d'abord les estimations de la PMT produites par Corrado et Slifman (1999). Nous pouvons comparer des périodes semblables, mais il y a relativement peu d'industries qui se chevauchent parce que notre ventilation industrielle est axée sur les industries manufacturières, tandis que ces auteurs présentent des données détaillées portant principalement sur les industries de services. Cependant, pour les industries comparables, les résultats sont similaires. Dans le cas de 7 industries ayant des définitions comparables, 5 montrent des écarts de croissance de la PMT de moins de 0,25 p. 100 lorsque

nous comparons nos estimations pour la période 1977-1996 aux leurs, qui visent la période 1977-1997 (Corrado et Slifman, 1999, tableau 2.2)[52]. Nos estimations du taux de croissance de la PMT pour les secteurs des communications et du commerce sont inférieures à leurs estimations, respectivement de 1,3 et de 0,4 p. 100, pour ces périodes.

Pour la majorité des industries, nos estimations de la productivité au cours de la période 1977-1992 sont semblables à celles de Gullickson et Harper (1999). La gamme des écarts est un peu plus étendue en raison de la difficulté de relier les divers ensembles de données requis pour estimer les intrants intermédiaires et la croissance de la productivité au niveau de l'industrie. Pour 7 des 11 industries comparables, les différences de productivité sont inférieures à 0,5 p. 100, tandis que nous avons constaté des écarts plus importants pour les industries des mines métalliques, des mines de charbon, du pétrole et du gaz et des services[53]. Des différences semblables ressortent aussi de la comparaison faite par Gullickson et Harper de la croissance de la productivité estimée à partir des séries sur la production brute du BLS et du BEA, où les auteurs ont relevé des différences de 0,5 point de pourcentage ou plus dans 17 des 40 industries et groupes agrégés. Des différences de méthodologie, par exemple l'inclusion de l'augmentation de la qualité du travail dans nos estimations de la croissance de l'intrant travail, contribuent à ces divergences, tout comme l'emploi de méthodes différentes pour lier les ensembles de données.

Ni Corrado et Slifman (1999) ni Gullickson et Harper (1999) n'ont ventilé la croissance de la PMT ou la croissance de la productivité industrielle entre les différentes industries manufacturières. Afin d'évaluer ces aspects, nous avons comparé nos résultats pour les industries manufacturières aux estimations produites pour les mêmes industries par le BLS (1999). Dans le cas des 18 industries comparables, 10 montrent des différences de productivité de moins de 0,25 p. 100 pour la période 1979-1996, 2 montrent des écarts variant entre 0,25 et 0,5 p. 100 et les 6 autres (les produits des usines de textile, le bois d'œuvre et le bois brut, le raffinage du pétrole, les produits du cuir, la pierre, l'argile et le verre, et les instruments) montrent des différences supérieures à 0,5 p. 100[54].

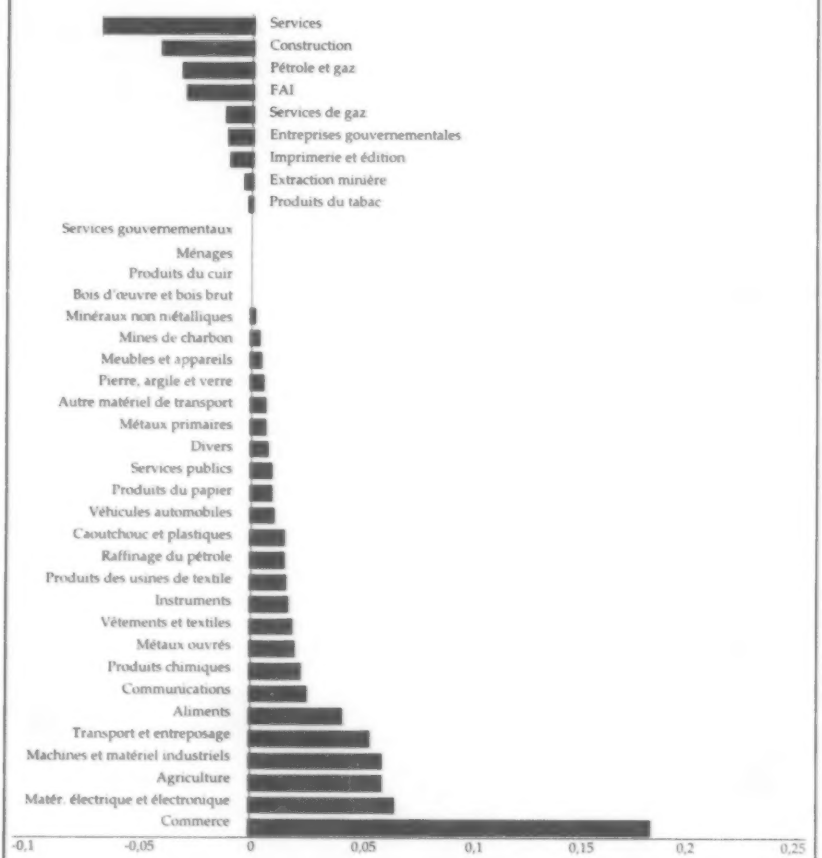
2.4.3.c Agrégation de Domar

Nous tournons maintenant notre attention vers l'agrégation de la croissance de la productivité au niveau de l'industrie représentée par l'équation (9). Celle-ci n'est pas directement comparable à nos estimations de la productivité au niveau agrégé en raison des dates de provenance différentes des données et d'une définition plus étendue de la production. Néanmoins, il est utile de quantifier la contribution d'une industrie à la croissance de la PTF globale et de remonter aux sources de la croissance de la productivité agrégée au niveau de l'industrie. Les résultats examinés représentent une mise à jour des estimations produites antérieurement par Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987). Gordon (1999b) présente une décomposition semblable de la croissance de la PMT, bien qu'il mette exclusivement l'accent sur la contribution de l'industrie de la production des ordinateurs.

La figure 2.11 renferme nos estimations de la contribution de chaque industrie à la croissance globale de la PTF pour la période 1958-1996. Celles-ci découlent de l'équation (9), où nous avons pondéré la croissance de la productivité au niveau de l'industrie par les « facteurs de pondération de Domar », définis comme étant la production brute de l'industrie divisée par la valeur ajoutée agrégée. En faisant la somme de l'ensemble des industries, nous obtenons une estimation de la croissance globale de la PTF de 0,48 pour la période 1958-1996. Cette estimation est inférieure aux valeurs implicites du tableau 2.2, pour deux raisons. Premièrement, les données sont antérieures à la révision de référence du BEA, qui a haussé les taux de croissance de la production et de la PTF. Deuxièmement, les estimations reflètent une notion élargie de la production qui englobe les entreprises gouvernementales (qui, selon nos estimations, ont une croissance de la productivité négative) et le secteur gouvernemental en général, dont la croissance de la productivité est égale à zéro par définition. Cependant, l'estimation concorde avec celles de Ho, Jorgenson et Stiroh (1999) et de Jorgenson et Stiroh (1999), qui sont fondées sur des données de même provenance.

Figure 2.11

Contribution des industries à la croissance de la productivité totale des facteurs, 1958-1996



Note : La contribution de chaque industrie correspond au produit moyen de la croissance de la productivité de l'industrie et du facteur de pondération de Domar de cette industrie, pour la période 1958-1996.

L'élément le plus marquant qui ressort de la figure 2.11 est la gamme étendue des contributions attribuables aux diverses industries. Le commerce, les machines industrielles et le matériel électronique sont les industries qui font les contributions les plus importantes, quoique pour des raisons différentes. Le commerce affiche une croissance notable mais non moins exceptionnelle de la productivité à près de 1 p. 100 par année; ce secteur est celui qui fait la contribution la plus importante en raison de sa taille relativement grande. Le commerce obtient un facteur de pondération de Domar de près de 0,20. Par ailleurs, les secteurs des machines industrielles et du matériel électronique font une contribution importante en raison de leur taux élevé de croissance de la productivité, respectivement de 1,5 et de 2,0 p. 100, en dépit d'une taille relativement modeste; leurs facteurs de pondération de Domar sont, respectivement, de 0,05 et de 0,04. La contribution d'une industrie à la croissance globale de la productivité dépend à la fois de sa performance sur le plan de la productivité et de sa taille relative.

La figure 2.11 montre aussi l'effet attribuable aux 9 industries qui ont enregistré une croissance négative de la productivité au cours de cette période. Encore une fois, tant la performance que la taille relative comptent. L'industrie des services fait une contribution négative de 0,07 en raison de sa forte pondération et d'une croissance de la productivité de -0,19 p. 100. Par contre, la construction montre une croissance encore plus lente de la productivité, à –0,44 p. 100 annuellement, mais elle fait une contribution négative plus modeste en raison de sa taille beaucoup plus restreinte que celle des services. Nous pouvons aussi faire une « réflexion » semblable à celles de Corrado et Slifman (1999) et de Gullickson et Harper (1999) en imaginant que la croissance de la productivité n'est pas négative mais égale à zéro dans ces 9 industries. En supprimant les contributions négatives, nous constatons que la croissance globale de la PTF aurait été de 0,22 p. 100 plus élevée, une augmentation de près de la moitié[55]. Manifestement, la croissance négative de la productivité dans ces industries est un élément important du profil global de la productivité.

Enfin, ces données nous offrent une perspective nouvelle sur l'argument formulé par Gordon (1999b), qui décompose la croissance de la PMT, rajustée pour neutraliser la tendance, en une partie attribuable à la production des ordinateurs et en un résidu correspondant au reste de l'économie[56]. L'auteur constate que la première est à l'origine de presque toute l'accélération de la productivité observée depuis 1997. Bien que nous ne puissions commenter directement les estimations empiriques de l'auteur du fait que nos données

au niveau de l'industrie ne vont que jusqu'en 1996 et que nous examinons la croissance de la PTF plutôt que la croissance de la PMT, nous pouvons tout de même exprimer une sérieuse réserve à l'encontre de cet argument. L'économie des États-Unis est constituée d'industries qui ont des taux de croissance de la productivité positifs et négatifs, de sorte que la comparaison d'une industrie à l'agrégat de toutes les autres industries suppose nécessairement une agrégation de tendances compensatoires en matière de productivité. Le fait que cet agrégat ne montre pas une croissance nette de la productivité ne signifie pas qu'il y ait absence de gains de productivité dans l'une ou l'autre des industries constituantes, étant donné que ces gains pourraient être neutralisés par des baisses dans d'autres industries.

Considérons nos résultats pour la période 1958-1996, ainsi que l'importance des contributions négatives. Les 5 industries qui ont fait les contributions positives les plus importantes — le commerce, le matériel électronique, l'agriculture, les machines industrielles et les transports — représentent un apport global d'environ 0,5 p. 100 annuellement. Néanmoins, nous constatons qu'il y a une croissance élevée de la productivité dans certaines des industries restantes, laquelle est neutralisée par les contributions négatives d'autres industries. Cette logique et la fréquence des taux de croissance négatifs de la productivité au niveau de l'industrie qui ressort des travaux du BLS (1999), de Corrado et Slifman (1999) et de Gullickson et Harper (1999) incitent à penser qu'un argument semblable pourrait être soutenu pour la PMT au cours de la période la plus récente. Cela soulève la question de savoir si l'effet compensatoire des taux de croissance de la productivité est responsable de l'observation de Gordon d'une *absence* de croissance de la productivité dans 99 p. 100 de l'économie située à l'extérieur du secteur de la fabrication du matériel informatique (Gordon, 1999b, p. 1). L'évaluation de l'étendue des gains récents de productivité et l'identification des sources de la croissance de la productivité au niveau de l'industrie demeurent une tâche importante pour la recherche future.

2.5 Conclusion

ON PEUT AFFIRMER QUE LA PERFORMANCE de l'économie américaine à la fin des années 90 a été phénoménale. Après un quart de siècle de malaise économique, l'accélération de la croissance de la productivité totale des facteurs et l'intensification du capital ont suscité une reprise remarquable de la croissance. Le pessimisme du fameux paradoxe de Solow (1987), selon lequel nous voyons des ordinateurs partout sauf dans les statistiques de la productivité, a cédé la place à l'optimisme au sujet de l'ère de l'information. À compter de 1995, les statistiques sur la productivité ont révélé un impact clairement perceptible de la technologie de l'information. La croissance de la productivité du travail et celle de la PTF ont bondi à des taux jamais vus pour une période aussi longue depuis les années 60. Bien qu'une part subs-tantielle de ces gains puisse être attribuée aux ordinateurs, les données démontrent de plus en plus des contributions semblables de la part des secteurs du logiciel et du matériel de communications, chacun d'importance égale au secteur des ordinateurs.

Les forces qui façonnent l'économie de l'information tirent leur origine du progrès rapide de la technologie des semi-conducteurs — la loi de Moore en action. Ces gains font chuter les prix relatifs des ordinateurs, des logiciels et du matériel de communications et suscitent des investissements massifs dans ces biens de la part des entreprises et des ménages. Le progrès technologique et l'intensification concomitante du capital sont les principaux facteurs qui sous-tendent l'accélération de la croissance de la production observée ces dernières années. La durabilité des tendances récentes de la croissance dépend donc, dans une large mesure, des perspectives de progrès continu, notamment dans la production des semi-conducteurs. Bien que cette hypothèse semble plausible, peut-être même probable, la contribution des biens de haute technologie à une croissance plus vigoureuse demeure sujette à une incertitude considérable, en raison de l'information incomplète dont nous disposons sur les tendances des prix de ces biens.

La solide performance de l'économie américaine n'est pas passée inaperçue. Les prévisionnistes ont dû relever plus d'une fois leurs projections des taux de croissance. Les limites de vitesse modérées établies par Blinder (1997) et Krugman (1997), qui traduisaient les données les plus probantes disponibles il y a quelques années seulement, ont cédé le pas à l'optimisme au sein de la collectivité habituellement conservatrice des prévisionnistes officiels. Notre examen des données disponibles nous incite à penser que les prévisionnistes

officiels comptent dans une trop large mesure sur la poursuite de l'accélération de la croissance économique observée aux États-Unis depuis 1995.

Quels sont les risques inhérents à la vision optimiste de la croissance économique future aux États-Unis à l'ère de l'information? La révision à la hausse des projections de croissance paraît être une réaction raisonnable devant l'accumulation des preuves d'une rupture possible de la tendance de la croissance de la productivité. Néanmoins, la prudence est de mise tant que les profils de productivité n'auront pas été observés pour une période plus longue. Si le rythme du progrès technique dans les industries de haute technologie devait fléchir, la croissance économique en subirait un double contrecoup – un ralentissement de la croissance de la productivité totale des facteurs dans les industries clés qui produisent le matériel de haute technologie et un ralentissement de l'accumulation du capital dans les autres industries, qui investissent dans le matériel de haute technologie et qui utilisent ce matériel. Les deux facteurs ont fait une contribution importante à la réussite récente de l'économie américaine, ce qui signifie que tout ralentissement réduirait le potentiel de croissance futur.

Simultanément, nous devons souligner que l'incertitude qui entoure les projections à moyen terme est devenue beaucoup plus grande en conséquence de lacunes croissantes dans nos connaissances, plutôt que de changements dans la volatilité de l'activité économique. L'excellente recherche qui sous-tend les estimations des prix et des quantités des investissements en ordinateurs dans les NIPA a jeté un éclairage fort utile sur l'impact de la technologie de l'information. Mais cela n'est qu'une partie de la contribution que fait la technologie de l'information à la croissance économique et, à vrai dire, ce n'est peut-être pas la plus importante. Comme le rôle de la technologie continue de croître, l'ignorance des faits empiriques les plus fondamentaux de l'économie de l'information gênera le travail des chercheurs tout autant que celui des prévisionnistes. Les incertitudes au sujet de la croissance économique passée et future ne seront pas résolues à brève échéance. Bien entendu, cela signifie que le débat animé qui a cours actuellement parmi les économistes devrait se poursuivre dans l'avenir prévisible.

La première priorité de la recherche empirique doit être de construire des indices de prix à qualité constante pour une variété plus grande de biens de haute technologie. Ces biens jouent un rôle de plus en plus important dans l'économie américaine, mais des déflateurs de prix à qualité constante capables de transposer les caractéristiques améliorées de la production en mesures précises de

l'investissement et de la production n'ont été élaborés que pour une fraction de ces biens. Cette observation fait écho aux constatations antérieures de Gordon (1990), qui notait que les mesures officielles des prix surestimaient de façon substantielle les changements de prix des biens d'investissement. De fait, Gordon précisait que les ordinateurs et le matériel de communications étaient les deux catégories de biens où la surestimation était la plus sérieuse, outre l'industrie des aéronefs, que nous n'avons pas incluse[57]. Il reste beaucoup à faire pour compléter le programme entrepris par Gordon afin d'élaborer des déflateurs de prix à qualité constante pour tous les éléments d'investissement des NIPA.

La seconde priorité de la recherche consiste à décomposer les sources de la croissance économique au niveau de l'industrie. Heureusement, la méthodologie requise est bien établie et de plus en plus familière. Le modèle d'agrégation des industries de Domar est à la base des calculs préliminaires de la contribution de la technologie de l'information à la croissance économique présentés sommairement à la section 3, ainsi que de la description plus minutieuse et détaillée des contributions de la productivité au niveau de l'industrie que nous avons présentées à la section 4. Cette vision nécessitera un raffinement considérable afin de pouvoir départager les différentes perspectives sur le déploiement rapide de l'économie de l'information. Cependant, les données déjà disponibles éclairent la question la plus importante. C'est la vision de la « nouvelle économie », selon laquelle l'impact de la technologie de l'information ressemble au *phlogiston* — une substance invisible qui se répand dans toute forme d'activité économique et qui révèle sa présence par des hausses de croissance de la productivité au niveau de l'industrie dans l'ensemble de l'économie américaine. Cette vision est tout simplement incompatible avec les données empiriques.

Nos résultats nous incitent à penser que si la technologie est manifestement l'élément moteur de la reprise de la croissance, les principes économiques habituels peuvent s'appliquer. La croissance de la productivité dans la production de technologie de l'information est à l'origine d'une part substantielle de la poussée récente de croissance de la PTF et peut être identifiée aux baisses de prix des biens de haute technologie et des semi-conducteurs. Cela a suscité une vague d'investissement dans ces biens qui est à l'origine d'une intensification du capital dans les industries utilisant la technologie de l'information. Cette technologie fournit une illustration saisissante des stimulants économiques à l'œuvre! Cependant, il n'y a pas d'explosion correspondante de la croissance de la productivité au niveau de ces secteurs qui

confirmerait la présence de retombées semblables au *phlogiston* provenant de la production des industries liées à la technologie de l'information.

De nombreux biens et services produits à l'aide du capital de haute technologie pourraient ne pas être mesurés adéquatement, comme l'a évoqué Griliches dans une étude déjà classique (1994). Cela pourrait aider à expliquer la croissance étonnamment faible de la productivité dans de nombreuses industries de services à coefficient élevé de haute technologie. Si les données officielles sous-estiment à la fois les investissements réels en haute technologie et la consommation réelle de biens produits à l'aide de ces investissements, la sous-estimation de la performance économique des États-Unis pourrait être beaucoup plus sérieuse que nous l'avons suggéré. Ce n'est qu'au fil des lents progrès des organismes de statistiques vers la mise au point de meilleures données et l'application de la méthodologie la plus récente que ce tableau imprécis deviendra plus limpide.

Notes

1 La croissance de la productivité du travail dans le secteur des entreprises a atteint en moyenne 2,7 p. 100 au cours de la période 1995-1999, représentant les quatre taux annuels de croissance les plus élevés des années 90, sauf pour le bond temporaire de 4,3 p. 100 enregistré en 1992 alors que l'économie sortait de la récession (BLS, 2000).

2 Stiroh (1999) offre une critique des visions nouvelles de l'économie; Triplett (1999) examine les questions relatives aux données dans le cadre du débat sur la nouvelle économie; enfin, Gordon (1999b) présente une réplique souvent citée de la thèse de la nouvelle économie.

3 Nos travaux sur les ordinateurs s'appuient sur la recherche inédite d'Oliner et Sichel (1994, 2000), de Sichel (1997, 1999) et sur nos propres résultats antérieurs, présentés dans Jorgenson et Stiroh (1995, 1999, 2000) et dans Stiroh (1998a). Parmi les autres travaux utiles sur les ordinateurs, il y a notamment ceux de Haimowitz (1998), Kiley (1999) et Whelan (1999). Gordon (1999a) présente une perspective historique des sources de la croissance économique aux États-Unis, tandis que Brynjolfsson et Yang (1996) passent en revue les données microéconomiques sur les ordinateurs et la productivité.

4 Voir Baily et Gordon (1988), Stiroh (1998a), Jorgenson et Stiroh (1999) et le Département du Commerce (1999) pour des analyses passées des changements de prix relatifs et de la substitution des intrants dans les secteurs de haute technologie.

5 Le BLS (2000) estime que le secteur des entreprises montre une augmentation semblable de 1,6 p. 100, pour la période 1990-1995, à 2,6 p. 100, pour la période 1995-1998. Voir CEA (2000, p. 35) pour une comparaison de la croissance de la productivité à divers points de l'expansion économique des années 60, 80 et 90.

6 Voir Gullickson et Harper (1999), Jorgenson et Stiroh (2000) ainsi que la section 4, ci-dessous, pour des analyses au niveau de l'industrie.

7 Cependant, il n'y a pas consensus sur le fait que le progrès technique dans la production des ordinateurs et des semi-conducteurs soit en voie de ralentir. Selon Fisher (2000), la vitesse de traitement des puces continue d'augmenter rapidement. En outre, le cycle des produits s'est accéléré à mesure que de nouveaux processeurs entrent sur le marché plus rapidement.

8 Voir Dean (1999) et Gullickson et Harper (1999) pour un exposé du point de vue du BLS sur les erreurs de mesure; Triplett et Bosworth (2000) présentent un aperçu de la mesure de la production dans les industries de services.

9 Il suffirait d'un changement assez simple pour permettre à la technologie de faire augmenter le facteur travail ou d'être « neutre au sens de Harrod », de sorte que la frontière des possibilités de production puisse prendre la forme suivante : $Y(I, C) = X(K,AL)$. En outre, il n'est pas nécessaire de supposer que les intrants et les produits sont séparables mais cela simplifie notre notation.

10 Baily et Gordon (1988), Griliches (1992), Stiroh (1998a), Jorgenson et Stiroh (1999), Whelan (1999) et Oliner et Sichel (2000) traitent de l'impact de l'investissement en ordinateurs en se plaçant dans ces deux perspectives.

11 Triplett (1996) signale qu'une bonne partie de la baisse des prix des ordinateurs traduit la baisse des prix des semi-conducteurs. Si tous les intrants étaient correctement mesurés pour tenir compte des changements de qualité, une bonne partie des gains de PTF dans la production des ordinateurs serait correctement attribuée aux gains de PTF dans la production des semi-conducteurs parce que ces biens sont un intrant intermédiaire de première importance dans la production des ordinateurs. Voir Flamm (1993) qui renferme des estimations préliminaires des prix des semi-conducteurs. Nous revenons plus en détail sur cette question à la section 4.

12 Voir l'appendice A qui renferme des détails sur nos sources de données et la méthodologie d'estimation de la production.

13 Le PIB en dollars courants, tel que publié dans les NIPA, était de 8 759,9 milliards de dollars en 1998. Notre estimation de 8 013 milliards de dollars diffère de la première en raison des imputations totales (740 milliards de dollars), de l'exclusion du secteur gouvernemental général et du secteur des entreprises gouvernementales (représentant, respectivement, 972 milliards de dollars et 128 milliards de dollars) et de l'exclusion de certaines taxes au détail (376 milliards de dollars).

14 Voir l'appendice B qui renferme des détails sur la théorie, les données sources et la méthodologie d'estimation des services du capital.

15 Jorgenson (1996) présente une analyse récente de notre modèle du capital en tant que facteur de production. Le BLS (1983) décrit la version de ce modèle employée pour produire les statistiques officielles sur la productivité. Hulten (2000) présente un examen des caractéristiques distinctives de cette méthodologie pour la mesure de l'intrant capital et relie celle-ci à la théorie économique.

16 Plus précisément, la croissance de la qualité du capital est définie comme étant la différence entre la croissance des services du capital et la croissance du stock moyen actuel et décalé de capital. Pour plus de détails, voir l'appendice B. Nous utilisons un taux de dépréciation géométrique pour tous

les éléments d'actif reproductibles afin que notre estimation ne soit pas identique aux estimations de la richesse publiées par le BEA (1998b).

17 Tevlin et Whelan (1999) corroborent cette explication sur le plan empirique en signalant que l'investissement en ordinateurs est particulièrement sensible au coût du capital; on pourrait donc s'attendre à ce qu'une diminution rapide des prix des services puisse déclencher d'importants investissements.

18 Un modèle économétrique de la sensibilité des différentes formes de services du capital aux effets de prix propres et croisés pourrait être utilisé pour tester la complémentarité, mais cet aspect sort du cadre de la présente étude.

19 Selon Parker et Grimm (2000), l'investissement total en logiciels de 123,4 milliards de dollars comprend des investissements de 35,7 milliards de dollars en logiciels de série, de 42,3 milliards de dollars en logiciels personalisés et de 45,4 milliards de dollars en logiciels élaborés à l'interne en 1998. En appliquant les conventions de pondération employées par le BEA, 46,3 milliards de dollars = 35,7 milliards de dollars + 0,25 * 42,3 milliards de dollars; c'est-à-dire que 38 p. 100 de l'investissement total en logiciels est dégonflé par les rajustement explicites visant à tenir compte de la qualité.

20 Grimm (1997) présente des estimations hédonistes pour les commutateurs téléphoniques numériques et fait état de baisses moyennes des prix de plus de 10 p. 100 annuellement entre 1985 et 1996.

21 L'appendice C renferme des détails sur les données sources et la méthodologie.

22 En comparaison, le BLS (2000) fait état d'une croissance du nombre d'heures travaillées dans les entreprises de 1,2 p. 100 entre 1990 et 1995 et de 2,3 p. 100 entre 1995 et 1998. Les légers écarts traduisent nos méthodes d'estimation du nombre d'heures travaillées par les travailleurs autonomes et des différences mineures dans la portée de nos mesures de la production.

23 À noter que nous avons ventilé le capital largement défini en services du capital matériel, *K*, et en services liés aux biens de consommation durables, *D*.

24 Le tableau 2.2 présente aussi les résultats préliminaires pour la période plus récente de 1995 à 1999, où les valeurs de 1999 sont fondées sur la procédure d'estimation décrite dans l'annexe au présent chapitre, plutôt que sur le modèle détaillé décrit précédemment. Les résultats pour les périodes 1995-1998 et 1995-1999 sont assez semblables; nous centrons notre analyse sur la période 1995-1998.

25 Voir Katz et Krueger (1999) qui renferme des explications de la solide performance du marché du travail aux États-Unis, notamment l'évolution démographique vers une population active d'âge plus mûr, une augmentation de la population incarcérée, une amélioration de l'efficience des marchés du travail et l'hypothèse *faible* de la stabilité des travailleurs.

26 Nous sommes redevables à Dan Sichel pour ses propos très utiles sur cette convention temporelle.

27 Oliner et Sichel (2000) présentent une comparaison détaillée des résultats de plusieurs études consacrées à la question des ordinateurs et de la croissance économique.

28 Voir Krugman (1997) et Blinder (1997) qui renferment une analyse de l'utilité de cette relation.

29 Le BLS (2000) fait état de tendances similaires pour le secteur des entreprises, où la croissance du nombre d'heures travaillées est passée de 1,2 p. 100 entre 1990 et 1995 à 2,3 p. 100 entre 1995 et 1998, tandis que la croissance de la PMT passait de 1,58 à 2,63 p. 100 au cours de la même période.

30 L'idée selon laquelle les déflateurs de prix officiels des biens d'investissement négligent des améliorations substantielles sur le plan de la qualité n'a rien de nouveau. Le travail magistral de Gordon (1990) a permis de quantifier avec succès la surestimation des taux d'inflation des prix d'une vaste gamme de biens d'investissement, qui englobent tout le matériel durable des producteurs dans les NIPA.

31 Ce point de vue a été présenté à l'origine par Jorgenson (1966); Hulten (2000) en fait un examen récent.

32 Gordon (1999a), Stiroh (1998a) et Whelan (1999) renferment aussi des estimations.

33 Ce calcul montre que le modèle simplifié d'Oliner et Sichel (2000) est un cas spécial du modèle de pondération complet de Domar utilisé dans la section 4.

34 Les changements de prix relatifs dans le scénario de référence proviennent des prix des investissements présentés au tableau 2.5. Les parts de la production sont estimées à l'aide des données sur les ventes représentant la demande finale disponibles sur le site Web du BEA pour les ordinateurs, et dans Parker et Grimm (2000) pour les logiciels. L'investissement en matériel de communications provient des NIPA et nous avons estimé les autres composantes de la demande finale pour le matériel de communications à l'aide des ratios relatifs à la demande finale pour les ordinateurs. Cette approximation

est nécessaire en raison du manque de données complètes sur les ventes représentant la demande finale par produit.

35 Stiroh (1998b) présente des détails et des références à des documents pertinents.

36 Les 5 secteurs — entreprises non agricoles, entreprises agricoles, gouvernement, logement résidentiel, ménages et institutions à but non lucratif — respectent la ventilation utilisée dans le tableau 1.7 des NIPA.

37 Voir le CBO (1995, 1997) qui renferme des détails sur le modèle sous-jacent et les rajustements visant à tenir compte des effets du cycle commercial qui sont à l'origine des séries potentielles.

38 À noter que les taux de croissance au tableau 2.6 ne correspondent pas exactement à ceux du tableau 2.2 en raison de différences de calcul. Tous les taux de croissance présentés au tableau 2.6 respectent la convention du CBO qui consiste à calculer des taux discrets de croissance correspondant à $g = [(X_t / X_0)^{1/t} - 1]^*100$, tandis que les taux de croissance du tableau 2.2 sont calculés à l'aide de la formule suivante : $g = [\ln(X_t / X_0)/t]^*100$.

39 Voir le CBO (2000, p. 25 et p. 43) pour plus de détails.

40 Les premières révisions à la hausse de la croissance de la PTF traduisent principalement le rajustement technique visant à tenir compte des changements de méthodologie dans les divers indices de prix et de projections plus élevées de la PTF (CBO, 1999b, p. 3).

41 Voir le CBO (1995) pour plus de détails sur la méthodologie employée pour apporter les rajustements cycliques nécessaires aux fins de dériver les séries « potentielles ».

42 Ces comparaisons sont tirées de CBO (2000, tableau 2-6).

43 Cela est analogue à la notion de production sectorielle utilisée par le BLS. Voir Gullickson et Harper (1999), notamment aux pages 49-53, pour un examen des notions et de la terminologie employées par le BLS.

44 Le BLS appelle cette notion la *productivité multi-factorielle* (PMF).

45 Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987), notamment au chapitre 2, présentent des détails et des références aux premiers travaux dans ce domaine; Gullickson et Harper (1999, p. 50) discutent de la façon dont la productivité au niveau agrégé peut dépasser la productivité au niveau de l'industrie dans le modèle de pondération de Domar.

46 Nous sommes redevables à Mun Ho pour sa contribution importante à la construction des données au niveau de l'industrie.

47 L'appendice D présente des détails sur les sources de données pour les divers composants et les procédures permettant de les relier.

48 Notre classification industrielle est trop vaste pour isoler le rôle des semi-conducteurs.

49 Cette conclusion repose de façon critique sur la part des semi-conducteurs en tant qu'intrant de l'industrie des ordinateurs. Triplett signale que les estimations faites à partir des données du recensement situent cette part à 15 p. 100 pour la période 1978-1994, mais en précisant que les sources au sein de l'industrie estiment que cette part se situe plus près de 45 p. 100. Cela a des conséquences importantes pour ses résultats. Dans l'hypothèse extrême où l'on ne tient aucunement compte des baisses de prix des semi-conducteurs, la productivité relative du secteur du matériel informatique augmente de 9,1 p. 100 au cours de la période 1978-1994. En supposant une part de 15 p. 100 pour les semi-conducteurs, cette valeur se trouve ramenée à 9 p. 100; en supposant une part de 45 p. 100, elle baisse à 1 p. 100.

50 Dean (1999) résume le point de vue du BLS sur cette question. McGuckin et Stiroh (2000) tentent de quantifier l'ordre de grandeur des effets potentiels associés aux erreurs de mesure.

51 Voir Gullickson et Harper (1999), notamment aux pages 55-56, pour plus de détails.

52 Ces 5 industries sont l'agriculture, la construction, les transports, les FAI et les services. À noter que nos estimations pour la période 1977-1996 ne sont pas présentées au tableau 2.10.

53 Les 7 autres industries comparables sont l'agriculture, les mines non métalliques, la construction, les transports, les communications, le commerce et les FAI.

54 Les 10 industries qui affichent de légères différences sont les produits alimentaires, les vêtements, les meubles et appareils, les produits en papier, l'imprimerie et l'édition, les produits chimiques, les métaux primaires, les machines industrielles et commerciales, les machines électroniques et électriques, ainsi que la fabrication diverse. Les 2 industries qui affichent des différences un peu plus marquées sont celle du caoutchouc et des plastiques et celle des métaux ouvrés.

55 Cet impact global est plus restreint que celui estimé par Gullickson et Harper (1999), en partie parce que nos parts diffèrent en raison de l'inclusion d'un secteur des ménages et d'un secteur gouvernemental. En outre, comme l'ont fait remarquer Gullickson et Harper, une ré-estimation complète tiendrait compte des changements survenus dans les intrants intermédiaires, lesquels sont implicites dans les rajustements de la productivité.

56 Oliner et Sichel (2000) font valoir que la conclusion de Gordon se trouve affaiblie par les nouvelles données des NIPA publiées lors de la révision de référence; ces données attribuent un rôle plus important à la croissance de la PMT hors de la production des ordinateurs.

57 Gordon (1990), tableau 12.3, p. 539.

Annexe
Extrapolation à 1999

LE TABLEAU 2.2 PRÉSENTE LES RÉSULTATS PRIMAIRES de la comptabilité de la croissance jusqu'en 1998 et les estimations préliminaires pour 1999. Les données jusqu'à 1998 sont fondées sur la méthodologie détaillée décrite dans les appendices A à D; les données pour 1999 sont extrapolées à partir des données actuellement disponibles et des tendances récentes.

Notre méthode d'extrapolation des résultats de la comptabilité de la croissance jusqu'en 1999 a consisté à estimer les parts et les taux de croissance, en 1999, des principales catégories telles que la main-d'œuvre, le capital et les composantes de la technologie de l'information, ainsi que la croissance de la production. La part du travail en 1999 a été estimée à l'aide des données de 1995-1998. La croissance du nombre d'heures travaillées provient du BLS (2000) tandis que la croissance de la qualité du travail provient des projections décrites précédemment. Les taux de croissance de la production de technologie de l'information pour 1999 proviennent des NIPA, tandis que les parts ont été estimées à l'aide des données de 1995-1998. Les taux de croissance des intrants liés à la technologie de l'information en 1999 ont été estimés à l'aide des données récentes sur l'investissement et de la méthode de l'inventaire permanent, tandis que les parts ont été estimées à l'aide des données de 1995-1998. La croissance des autres composantes du capital en 1999 a été estimée à l'aide des données sur l'investissement des NIPA pour les grandes catégories telles que le matériel et les logiciels, les structures non résidentielles, les structures résidentielles ainsi que les achats de biens de consommation durables; la part du revenu a été calculée en fonction de la part estimative du travail. La croissance de la production a été estimée à partir des chiffres sur la croissance de la production des entreprises du BLS et de la mesure du PIB du BEA, des rajustements étant apportés pour tenir compte des différentes notions de la production. Enfin, la croissance de la PTF en 1999 a été estimée comme étant la différence entre la croissance estimative de la production et la croissance des intrants pondérée en fonction des parts.

La croissance économique et la croissance de la productivité dans l'industrie canadienne

3

Wulong Gu, Frank C. Lee et Jianmin Tang

3.1 Introduction

LA PRÉSENTE ÉTUDE VISE À ANALYSER les sources de la croissance de la production et de la productivité du travail dans l'économie canadienne depuis 1961. L'étude envisage aussi les sources de la croissance de la production dans certaines industries. Nous adoptons les indices à qualité constante pour les intrants capital et travail créés par Jorgenson et Griliches (1967) et utilisés abondamment par la suite dans Jorgenson (1995a, 1995b), Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) et Jorgenson et Yip (1999) afin de déterminer les sources de la croissance. Ce cadre est semblable à celui employé par le Bureau of Labor Statistics des États-Unis, mais il existe de légères différences entre les deux[1]. Au niveau de l'industrie, nous avons apporté un rajustement pour tenir compte de la qualité du capital en agrégeant les stocks de capital correspondant à différentes catégories d'actif, en utilisant la part du revenu tiré des biens comme facteur de pondération dans chaque cas. Simultanément, nous avons combiné le nombre d'heures travaillées par chaque catégorie de travailleurs en utilisant la part de la rémunération de la main-d'œuvre correspondant à chacune de ces catégories pour refléter la qualité du travail. Au niveau de l'économie, nous appliquons le même cadre en agrégeant les stocks de capital pour les différentes catégories d'actif et les heures travaillées par les différentes catégories de travailleurs. Un certain nombre d'études ont comparé la performance globale du Canada sur le plan de la croissance économique à celle de ses concurrents à l'aide de ce cadre (Dougherty, 1992; Dougherty et Jorgenson, 1997; et Jorgenson et Yip, 1999). Cependant, la présente étude est la première où ce cadre est utilisé aux fins d'évaluer la performance économique du Canada au niveau de l'industrie.

La croissance de la production dans le secteur des entreprises privées au Canada a fléchi, passant d'un taux annuel moyen de 5,6 p. 100 au cours de la période 1961-1973 à 3,3 p. 100 entre 1973 et 1988 et à 1,5 p. 100 entre 1988 et 1995. La vitalité du secteur des entreprises privées est directement liée à la performance globale du Canada, exprimée par le produit intérieur brut (PIB) par habitant. La croissance du PIB par habitant a aussi ralenti sur l'ensemble de la

période — passant de 3,6 p. 100 annuellement entre 1961 et 1973 à 2,1 p. 100 entre 1973 et 1988 et à seulement 0,3 p. 100 entre 1988 et 1995. Sur la base de nos observations, environ 46 p. 100 de la croissance de la production dans le secteur des entreprises privées entre 1961 et 1973 et 22 et 26 p. 100, respectivement, au cours des périodes 1973-1988 et 1988-1995, est attribuable à la croissance de la PTF rajustée pour tenir compte de la qualité. Plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production observé entre 1961-1973 et 1973-1988 est attribuable au ralentissement de la croissance de la PTF; au cours de l'intervalle suivant (soit de 1973-1988 à 1988-1995), plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production est attribuable à une croissance plus lente des intrants capital et travail.

Dans la plupart des 122 industries examinées dans cette étude, la croissance des intrants a été la principale source de croissance de la production durant les périodes 1961-1973 et 1973-1988. Cependant, au cours de la période la plus récente (1988-1995), la croissance de la PTF a été à l'origine de plus de 50 p. 100 de la croissance de la production dans un peu plus de la moitié des industries canadiennes. Cela est imputable au fait que, dans 80 industries, le ralentissement de la croissance des intrants de 1973-1988 à 1988-1995 a été plus prononcé que celui de la croissance de la PTF.

Dans la prochaine section, nous décrivons brièvement la méthodologie employée, tandis que dans la section 3.3 nous décrivons l'ensemble de données utilisé. Dans la section 3.4, nous analysons les sources de la croissance au niveau de l'industrie, tandis que dans la section 3.5 nous présentons nos résultats pour le secteur des entreprises privées. Nous résumons nos conclusions dans la section 3.6.

3.2 Méthodologie

AUX FINS D'ANALYSER LES SOURCES DE LA CROISSANCE dans le secteur des enterprises privées au Canada, nous adoptons la méthodologie décrite dans Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987), où la production $\{Q_{it}\}$ de chaque industrie i est fonction des intrants liés au capital $\{K_{it}\}$, des intrants liés au travail $\{L_{it}\}$, des intrants intermédiaires $\{M_{it}\}$ et du temps, t :

$$(1) \qquad Q_{it} = F(K_{it}, L_{it}, M_{it}, t).$$

En supposant des rendements d'échelle constants et une fonction de production translog (voir Christensen, Jorgenson et Lau, 1973), le taux de croissance de la production peut être exprimé comme la moyenne pondérée des taux de croissance du capital, du travail et des intrants intermédiaires, plus le taux moyen de croissance de la productivité, c'est-à-dire la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF) $\{\bar{v}_{it}\}$:

$$(2)\quad \ln Q_{it} - \ln Q_{it-1} = \bar{v}_{it}^{K}[\ln K_{it} - \ln K_{it-1}] + \bar{v}_{it}^{L}[\ln L_{it} - \ln L_{it-1}] + \bar{v}_{it}^{M}[\ln M_{it} - \ln M_{it-1}] + \bar{v}_{it}.$$

Les facteurs de pondération sont définis par les parts moyennes de chaque composante :

$$(3)\quad \bar{v}_{it}^{K} = \frac{1}{2}[v_{it}^{K} + v_{it-1}^{K}],\ \bar{v}_{it}^{L} = \frac{1}{2}[v_{it}^{L} + v_{it-1}^{L}],$$
$$\bar{v}_{it}^{M} = \frac{1}{2}[v_{it}^{M} + v_{it-1}^{M}],\ \bar{v}_{it} = \frac{1}{2}[v_{it} + v_{it-1}],$$

où $v_{it} = \partial \ln Q_{it} / \partial t(K_{it}, L_{it}, M_{it}, t)$.

Les parts de chaque composante sont déterminées par :

$$(4)\quad v_{it}^{K} = \frac{P_{it}^{K} K_{it}}{P_{it} Q_{it}},\ v_{it}^{L} = \frac{P_{it}^{L} L_{it}}{P_{it} Q_{it}},\ v_{it}^{M} = \frac{P_{it}^{M} M_{it}}{P_{it} Q_{it}},$$

où $\{P_{it}\}$, $\{P_{it}^{K}\}$, $\{P_{it}^{L}\}$ et $\{P_{it}^{M}\}$ désignent les prix de la production, du capital, du travail et des intrants intermédiaires, respectivement.

Nous supposons aussi que les intrants de chaque secteur (capital, travail et intrants intermédiaires) sont une fonction translog de leurs composantes et qu'ils ont tous une productivité marginale différente. Nous pouvons exprimer le taux de croissance de chaque intrant comme étant la moyenne pondérée des taux de croissance des composantes individuelles :

$$(5)\quad \ln X_t^i - \ln X_{t-1}^i = \sum_{j=1}^{m} \bar{v}_{jt}^{X_i}[\ln X_{jt}^i - \ln X_{jt-1}^i],\ X = \{K, L, M\},$$

où les facteurs de pondération correspondent aux parts moyennes de chaque composante :

$$(6) \qquad \bar{v}_{jt}^{Xi} = \frac{1}{2}[v_{jt}^{Xi} + v_{jt-1}^{Xi}], (j = 1,2, ..., m), \; X = \{K, L, M\},$$

et les parts de chaque composante sont définies par la relation suivante :

$$(7) \qquad v_{jt}^{Xi} = \frac{P_{jt}^{Xi} X_{jt}^{i}}{\sum_{j=1}^{m} P_{jt}^{Xi} X_{jt}^{i}}, (j = 1, 2, ..., m), \; X = \{K, L, M\}.$$

À noter que le nombre de composantes, m, varie pour chaque catégorie d'intrant, X.

Dans notre analyse, nous considérons explicitement les composantes qualitatives des intrants capital et travail pour chaque industrie. Les équations qui précèdent nous permettent de construire des indices de qualité et de quantité pour les intrants capital et travail. La composante qualitative peut être mesurée par le ratio de l'intrant capital, K_{it}, au stock de capital de la période antérieure, A_{it-1} :

$$(8) \qquad q_{it}^{K} = K_{it} / A_{it-1}.$$

Ainsi, q_{it}^{K} est exprimé par la relation suivante :

$$(9) \qquad \ln q_{it}^{K} - \ln q_{it-1}^{K} = \sum_{j=1}^{p} \bar{v}_{ji}^{Ki} [\ln A_{jt-1}^{i} - \ln A_{jt-2}^{i}] - [\ln A_{it-1} - \ln A_{it-2}],$$

où A_i est la somme non pondérée des différentes catégories de stock de capital. Par conséquent, l'indice traduit les changements qui surviennent dans la composition du capital.

De même, la qualité de l'intrant travail peut être définie comme étant le ratio de l'intrant travail, L_{it}, au nombre d'heures travaillées, H_{it} :

$$(10) \quad q_{it}^{L}=L_{it}/H_{it}.$$

Ici, l'indice de qualité de l'intrant travail est exprimé par la relation suivante :

$$(11) \quad \ln q_{it}^{L}-\ln q_{it-1}^{L}=\sum_{j=1}^{J}\overline{v}_{jt}^{L}\left[\ln H_{jt}^{j}-\ln H_{jt-1}^{j}\right]-\left[\ln H_{it}-\ln H_{it-1}\right],$$

où H_i est la somme non pondérée de ses composantes.

3.3 Données

NOUS CONSTRUISONS DES ENSEMBLES DE DONNÉES sur la production et les intrants pour 122 industries (énumérées au tableau 3.A1, dans l'annexe au présent chapitre), en couvrant la période 1961-1995. Tant les prix que la quantité de la production brute et des intrants intermédiaires (énergie, matières et services) proviennent de la base de données KLEMS de Statistique Canada[2].

3.3.1 Données sur l'intrant capital

Les prix et les quantités des intrants liés au capital sont agrégés à partir de cinq catégories d'actif — machines et matériel, structures non résidentielles, ouvrages de génie, stocks et terrains — pour les 122 industries. Dans le cas des biens amortissables (y compris les machines et le matériel, les bâtiments et les ouvrages de génie), nous utilisons les estimations du stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada, produites à l'aide d'une méthode d'amortissement dégressif à taux double (Statistique Canada, 1994a)[3]. Nous estimons ensuite les stocks et les terrains en utilisant les données de Statistique Canada, tel qu'expliqué ci-dessous.

Nos estimations des stocks sont principalement fondées sur les données de bilan au niveau national et au niveau de l'industrie. Nous estimons d'abord les stocks aux prix courants pour les 122 industries, en utilisant les données de bilan de chaque industrie et les tableaux entrées-sorties. Pour la période 1972-1987, les stocks aux prix courants sont établis à la valeur comptable des stocks,

tirée des données du bilan au niveau détaillé de l'industrie (la classification type des industries de 1970 à trois chiffres). Pour les périodes 1961-1971 et 1988-1995, l'investissement net dans les stocks aux prix courants est estimé à l'aide des données des tableaux entrées-sorties sur les variations des stocks de biens finis et en cours de fabrication, ainsi que des matières brutes et des biens achetés pour la revente. Pour obtenir les stocks et les investissements dans les stocks aux prix constants, les valeurs nominales sont dégonflées en utilisant la moyenne des déflateurs de prix des matières brutes et de la production finale. Les données sur les stocks pour la période 1972-1987 sont extrapolées aux périodes 1961-1971 et 1988-1995 sur la base des données estimatives de l'investissement net dans les stocks. Nos estimations finales des stocks en dollars courants et constants sont toutes rajustées en fonction des totaux nationaux provenant du bilan national.

Pour estimer l'intrant terrains par industrie, nous obtenons d'abord des estimations de la valeur totale des terrains en dollars courants pour les années 1961 à 1995 à partir des données des comptes du bilan national. Nous supposons que la quantité de terrains demeure constante et nous dérivons l'indice de prix correspondant. Nous soustrayons ensuite la valeur réelle des terres agricoles, résidentielles et gouvernementales de la valeur totale réelle des terrains. Les terrains non agricoles et non gouvernementaux restants sont répartis entre 121 industries. Pour la période 1972-1987, la répartition est fondée sur les statistiques du revenu et des gains tirées du bilan détaillé de Statistique Canada. Les estimations pour les terrains sont ensuite extrapolées en fonction de la croissance du stock de constructions non résidentielles, par industrie, pour les périodes 1961-1971 et 1987-1995, en rajustant dans tous les cas en fonction du total national.

Nous estimons ensuite les prix des services du capital pour cinq éléments d'actif à l'aide des données sur la rémunération des biens. En suivant l'exemple de Jorgenson et Yun (1991), nous utilisons l'expression suivante pour établir le prix de location des biens amortissables pour chaque industrie, i [4] :

$$(12) \quad P_j^{Ki} = \frac{1-e_j^i-tz_j^i}{1-t} P_j^{Ii} \left[(r_j - \pi_j^i) + (1+\pi_j^i)\delta_j^i \right] + t_j^{pi} P_j^{Ii} \ ,$$

où t est le taux d'imposition fédéral et provincial combiné du revenu des entreprises; e_j^i est le taux du crédit d'impôt à l'investissement; z_j^i est la valeur actualisée de la déduction pour amortissement d'un dollar d'investissement[5]; P^{Ii}_j est le prix du nouveau bien d'investissement j; r_j est le taux de rendement

nominal de la catégorie d'actif j; $\pi^i_j=(P^{ii}_{jt}-P^{ii}_{jt-1})/P^{ii}_{jt-1}$ est le gain en capital pour le bien j; δ_j est le taux d'amortissement du bien j; et t_j^{pi} est le taux de l'impôt foncier.

Nous utilisons l'expression suivante pour exprimer le prix de location des terrains et des stocks étant donné qu'il n'y a pas de crédit d'impôt à l'investissement, de déduction pour amortissement ou de dépréciation économique :

$$(13) \quad P^{Ki}_j=\left[\frac{r_j-\pi^i_j}{1-t}+t^{pi}_j\right]P^{ii}_j.$$

Nous tenons compte des trois caractéristiques suivantes de la fiscalité des entreprises dans le calcul des prix de location : les taux fédéral et provincial d'imposition des sociétés, les déductions d'impôt accordées aux petites entreprises qui sont des sociétés privées sous contrôle canadien et les dispositions relatives au crédit d'impôt pour les activités de fabrication et de transformation.

Pour tenir compte de ces aspects du régime fiscal des sociétés, nous utilisons les données suivantes de Statistique Canada provenant du bilan et de l'état des revenus au niveau de l'industrie : la répartition du revenu imposable entre les dix provinces, par industrie, pour les périodes 1961-1987 et 1993-1995 et le revenu imposable total et les déductions accordées aux petites entreprises, par industrie, pour la période 1974-1994. Nous calculons ensuite les taux moyens d'imposition des sociétés, couvrant la période 1961-1995, en utilisant les parts du revenu imposable comme facteurs de pondération. Les facteurs de pondération fondés sur les parts du revenu sont estimés pour les années où des données ne sont pas disponibles. À titre d'exemple, afin d'estimer les parts des déductions accordées aux petites entreprises dans le revenu imposable total durant la période 1961-1973, nous supposons que ces parts étaient les mêmes qu'en 1974. En 1976, afin d'encourager l'investissement, un crédit a été institué pour les nouvelles installations de production. D'abord fixé à 5 p. 100 pour toutes les industries, ce taux a été relevé à 7 p. 100 en 1979; des variations régionales sous la forme de taux plus élevés ont ensuite été adoptées. En 1989, le crédit d'impôt à l'investissement a été discontinué, sauf dans les provinces de l'Atlantique.

Les impôts fonciers des entreprises dans les équations du prix de location décrites précédemment sont perçus principalement sur les terrains, les ouvrages de génie et les bâtiments, mais les machines en sont exemptées. Afin estimer les taux d'impôt foncier, nous définissons d'abord comme assiette de l'impôt foncier les valeurs nominales des terrains, des ouvrages de génie et des bâtiments dans les 122 industries étudiées. Nous répartissons ensuite cette assiette fiscale selon les impôts totaux sur la production, à l'aide des tableaux entrées-sorties, afin d'obtenir les taux moyens d'imposition foncière.

Nous déterminons les taux de rendement sur l'actif en supposant que le taux de rendement nominal est le même pour tous les éléments d'actif (y compris les terrains et les stocks), dans une industrie donnée. Nous supposons aussi que la somme des valeurs des services du capital pour l'ensemble des éléments d'actif est égale à la rémunération totale du capital. Nous estimons ensuite le taux de rendement nominal sur toutes les catégories d'actif dans une industrie donnée et, éventuellement, le prix de location du capital pour tous les éléments d'actif d'une industrie.

Enfin, nous combinons les données sur les prix et les quantités de capital pour construire un indice de l'intrant capital, tel qu'expliqué à la section 3.2.

3.3.2 Données sur l'intrant travail

Nous construisons des indices pour l'intrant travail à l'aide des données sur le nombre d'heures travaillées et la rémunération des travailleurs, ventilées en fonction du sexe, de la situation d'emploi (trois catégories), de l'âge (sept catégories) et de la scolarité (quatre niveaux) dans chaque industrie, comme il ressort du tableau 3.1[6].

Nous utilisons diverses sources de données aux fins de produire les estimations annuelles du nombre d'heures travaillées et de la rémunération de la main-d'œuvre pour les 168 segments de la population active dans chacune des 122 industries. Premièrement, nous obtenons des estimations de référence pour le nombre d'heures travaillées, la rémunération horaire et la rémunération totale pour les années de référence (l'année précédant un recensement)[7] des recensements de la population de 1961, 1971, 1981, 1986, 1991 et 1996. Les données annuelles sur les heures travaillées de l'Enquête sur la population active (EPA), menée mensuellement, ont servi à estimer les matrices des heures travaillées pour les années intercensitaires (entre deux

années de référence aux fins du recensement). Nous employons ensuite les données annuelles sur la rémunération de la main-d'œuvre provenant de l'Enquête sur les finances des consommateurs (EFC) pour estimer les matrices de rémunération entre deux recensements successifs. À cette fin, nous appliquons la méthode d'ajustement proportionnel itératif (pour plus de détails, voir Jorgenson, Gollop et Fraumeni, 1987). Une moyenne pondérée des deux matrices de référence voisines est utilisée pour initialiser notre méthode d'ajustement proportionnel. Les données de l'EPA et de l'EFC sur les heures travaillées et la rémunération, ventilées en fonction des caractéristiques des travailleurs, sont utilisées aux fins de contrôler la répartition des heures travaillées et la rémunération de la main-d'œuvre. Toutes les matrices de données sur les heures travaillées et la rémunération de la main-d'œuvre sont ensuite rajustées en fonction des taux de l'industrie sur les heures travaillées et la rémunération par catégorie d'emploi, à l'aide des données de la base de données de Statistique Canada sur la productivité du travail.

Nous combinons ensuite les données sur la rémunération horaire du travail et sur le nombre d'heures travaillées pour construire un indice de l'intrant travail, tel que décrit à la section 3.2.

Tableau 3.1

Classification de la main-d'œuvre canadienne

Caractéristiques des travailleurs	Nombre de catégories	Catégories
Sexe	2	Hommes; femmes
Situation d'emploi	3	Employés rémunérés; employés autonomes; travailleurs familiaux non rémunérés
Âge	7	15-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Scolarité	4	0-8 ans, cours primaire; cours secondaire, partiel ou complété; cours postsecondaire, partiel ou complété; formation universitaire ou plus élevée.

3.4 Données sur les intrants et la croissance de la PTF par secteur

DANS CETTE SECTION, NOUS EXAMINONS la croissance de la production dans les 122 industries au cours des trois périodes suivantes : 1961-1973, 1973-1988 et 1988-1995. Nous analysons ensuite la croissance de la PTF, des intrants liés au capital, des intrants liés au travail et des intrants intermédiaires. Enfin, nous examinons aussi la qualité des intrants capital et travail.

3.4.1 Croissance de la production et de la PTF

À l'aide du cadre présenté à la section 3.2, nous pouvons décomposer le taux de croissance de la production en contributions attribuables à la croissance des intrants et à la croissance de la PTF. À noter que dans cette étude, la productivité totale des facteurs est la PTF rajustée pour tenir compte de la qualité. Nous comparons d'abord les taux de croissance de la production et de la PTF par industrie pour les trois périodes, comme on peut le voir au tableau 3.A2 de l'annexe. Dans une industrie représentative, la croissance de la production et de la PTF a ralenti au cours des trois périodes. La croissance de la production a été de 6,3 p. 100 par année en moyenne dans l'ensemble des 122 industries entre 1961 et 1973. Ce taux a fléchi à 2,7 p. 100 entre 1973 et 1988 et à 0,5 p. 100 entre 1988 et 1995. La croissance annuelle de la PTF a aussi ralenti — de 1,4 p. 100 entre 1961 et 1973 à 0,6 p. 100 entre 1973 et 1988 et à 0,3 p. 100 entre 1988 et 1995.

Le tableau 3.2 résume le profil de croissance de la production et de la PTF par période. La croissance de la production est négative dans 1, 18 et 52 industries, respectivement, au cours des périodes 1961-1973, 1973-1988 et 1988-1995. Bien qu'aucune industrie n'ait enregistré une croissance négative de la production sur l'ensemble de la période, 12 industries ont eu une croissance négative de la production au cours des deux dernières périodes — les autres mines métalliques, les mines de fer, les mines d'amiante, les produits de distillerie, les produits du tabac, les produits en cuir, le cuivre, les produits filés, les petits appareils électroménagers, les gros appareils électroménagers, les produits à base d'argile et le ciment hydraulique. Simultanément, le nombre d'industries où la croissance de la production a dépassé 4 p. 100 annuellement a fléchi de 97 industries à 35, puis à 14, respectivement, au cours des trois périodes successives. Seules 9 industries ont connu une croissance de la production dépassant 4 p. 100 sur l'ensemble des trois périodes — les raffineries d'huile végétale, les ateliers d'usinage, les véhicules automobiles, les pièces de

moteur, le matériel de communications, les machines de bureau, les plastiques et produits synthétiques, les entreprises de télécommunications et les services professionnels. Ainsi, la période 1961-1973 a été marquée par une expansion, tandis que la période 1988-1995 est considérée comme une période de ralentissement généralisé de la croissance de la production.

Le ralentissement de la croissance de la PTF s'est aussi généralisé au cours des trois périodes. Le nombre d'industries qui ont connu une croissance négative de la PTF est passé de 19 entre 1961 et 1973 à 37 entre 1973 et 1988 et à 51 entre 1988 et 1995. Cependant, seules 2 industries (les systèmes de transport urbains et les films) ont enregistré une croissance négative de la PTF au cours des trois périodes, tandis que 13 industries ont connu une croissance négative de la PTF au cours des deux dernières périodes (y compris l'industrie des biscuits, du pain et de la boulangerie, les industries des portes, fenêtres et autres produits de menuiserie, les chemins de fer, le ciment hydraulique, le béton pré-mélangé, l'entreposage et la radiodiffusion). En outre, le nombre d'industries où le taux annuel de croissance de la PTF a dépassé 2 p. 100 a baissé de 34 entre 1961 et 1973 à 14 au cours de chacune des deux périodes subséquentes. Par conséquent, le nombre d'industries qui ont enregistré une croissance négative de la production et de la PTF a augmenté au cours des trois périodes. Le nombre d'industries qui ont bénéficié d'une croissance relativement forte (supérieure à 2 p. 100 annuellement) a aussi diminué durant les trois périodes pour ce qui est de la production et durant les deux premières périodes pour ce qui est de la PTF.

Tableau 3.2

Classification des industries en fonction du taux de croissance annuel de la production et de la productivité

Taux de croissance	Nombre d'industries					
	Production			PTF		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
< -2 %	1	2	29	0	3	8
-2 à 0 %	0	16	23	19	34	43
0 à 2 %	6	36	34	69	71	57
2 à 4 %	18	33	22	29	12	14
4 à 6 %	39	23	6	3	1	0
> 6 %	58	12	8	2	1	0

Bien que le ralentissement de la croissance de la production et de la PTF se soit généralisé au fil des trois périodes, certaines industries ont pris de l'expansion. En particulier, la croissance de la production a été plus rapide entre 1973 et 1988 qu'entre 1961 et 1973 dans 19 industries; de même, la croissance de la production a été plus rapide entre 1988 et 1995 qu'entre 1973 et 1988 dans 24 industries. Cependant, seule l'industrie des huiles végétales et celle des machines de bureau ont affiché une croissance plus rapide de la production à la fois entre 1973 et 1988 et entre 1988 et 1995 comparativement à la période précédente. Du côté de la PTF, 40 industries ont enregistré une croissance plus rapide durant la seconde période que durant la première, tandis que 54 industries ont affiché une croissance plus forte durant la dernière période comparativement à la seconde. Sept industries ont vu leur PTF croître plus rapidement au cours de chacune des périodes successives — les mines d'or, les produits du poisson, le cuivre, les autres produits de métal laminé et coulé, les produits de métal embouti, la construction navale et la bijouterie.

3.4.2 Croissance des intrants et contribution à la croissance de la production

Notre prochaine tâche consiste à répartir la croissance de la production parmi la croissance des trois catégories d'intrants. Le tableau 3.A3 présenté en annexe fait voir les taux de croissance annuels moyens du capital, du travail et des intrants intermédiaires dans chacune des 122 industries et pour chacune des trois périodes. Tel qu'indiqué à la section 3.3, les données sur l'intrant capital sont produites pour cinq catégories d'actif, tandis que l'intrant travail renferme 168 catégories de travailleurs. Les intrants intermédiaires comportent trois catégories — l'énergie, les matières et les services. Nous examinerons tout d'abord le profil de croissance de l'intrant capital, puis celui du travail et celui des intrants intermédiaires.

Le tableau 3.3 classe les industries selon le taux de croissance des intrants au cours de chaque période. En abordant les trois périodes par ordre chronologique, nous constatons que 101, 46 et 39 industries, respectivement, ont enregistré un taux annuel de croissance de l'intrant capital supérieur à 2 p. 100. La dernière période révèle une croissance relativement faible de l'intrant capital, avec une moyenne de 0,1 p. 100 annuellement, tandis que la première période affiche une forte croissance à 4,7 p. 100 annuellement en moyenne. Afin de mieux comprendre l'évolution de la croissance de l'intrant capital à chaque période, nous concentrons notre examen sur les industries dont le taux de croissance annuel est supérieur à 6 p. 100 et celles dont le taux annuel de décroissance est supérieur à 2 p. 100. Au cours des trois périodes

(1961-1973, 1973-1988 et 1988-1995), 36, 14 et 12 industries, respectivement, ont enregistré un taux de croissance de l'intrant capital supérieur à 6 p. 100. À l'autre extrémité, entre 1961 et 1973, aucune industrie n'a enregistré un taux de croissance négatif de 2 p. 100 ou plus de l'intrant capital, mais la situation a évolué au cours des deux périodes subséquentes : 7 et 42 industries, respectivement, ont enregistré une croissance négative de l'intrant capital entre 1973 et 1988 et entre 1988 et 1995.

Parmi les 122 industries, 15 ont enregistré un taux annuel de croissance de l'intrant capital supérieur à 8 p. 100 entre 1961 et 1973; ce chiffre a fléchi à 6 et à 7, respectivement, au cours des périodes 1973-1988 et 1988-1995. Seuls les services professionnels aux entreprises ont enregistré une croissance de l'intrant capital supérieure à 8 p. 100 durant les trois périodes. Entre 1973 et 1988, l'intrant capital a crû à un taux dépassant 8 p. 100 dans les industries suivantes : les véhicules automobiles, les machines de bureau, les services de messagerie, les services éducatifs et les blanchisseries. Entre 1988 et 1995, les industries suivantes figuraient dans ce groupe : les boîtes de bois, la fabrication de clichés, la construction navale, le matériel de transport divers, le transport aérien et les systèmes de distribution d'eau. À l'autre extrémité, on ne retrouve aucune industrie ayant enregistré un taux annuel de décroissance supérieur à 4 p. 100 entre 1961 et 1973; une seule industrie, celle des produits en béton, entrait dans cette catégorie pour la période 1973-1988, mais entre 1988 et 1995, ce chiffre a grimpé à 18; il englobait 3 industries minières, 3 industries reliées à l'ameublement, 2 industries de fabrication de l'acier et 5 industries de produits métalliques.

Tableau 3.3

Classification des industries en fonction du taux annuel de croissance des trois catégories d'intrants

	Nombre d'industries								
	Intrant capital			Intrant travail			Intrants intermédiaires		
Taux de croissance	1961 -1973	1973 -1988	1988 -1995	1961 -1973	1973 -1988	1988 -1995	1961 -1973	1973 -1988	1988 -1995
< –2 %	0	7	42	4	13	37	1	5	27
-2 à 0 %	9	29	24	11	30	38	0	13	19
0 à 2 %	12	40	17	24	33	31	7	21	31
2 à 4 %	28	21	15	48	26	14	14	48	23
4 à 6 %	37	11	12	21	17	2	40	16	14
> 6 %	36	14	12	14	3	0	60	19	8

Le tableau 3.A3 présenté en annexe et le tableau 3.3 montrent que la croissance de l'intrant travail, rajustée pour tenir compte de la qualité, a aussi subi un ralentissement sur l'ensemble de la période 1961-1995. Au cours des trois sous-périodes, 107, 79 et 47 industries, respectivement, ont enregistré un taux annuel de croissance de l'intrant travail supérieur à 2 p. 100. Dans l'industrie représentative, l'intrant travail a augmenté à un rythme annuel de 3,0 p. 100 entre 1961 et 1988 et à un rythme annuel de 1,1 p. 100 entre 1973 et 1988, tandis qu'il a fléchi de 1,0 p. 100 annuellement entre 1988 et 1995. Afin de mettre en contraste les profils de croissance de cet intrant d'une sous-période à l'autre, nous concentrons notre examen sur les industries où le taux annuel de croissance de l'intrant travail a été supérieur à 6 p. 100 et celles qui ont enregistré un taux de croissance négatif de plus de 2 p. 100. Au cours des deux premières périodes (1961-1973 et 1973-1988), 14 et 3 industries, respectivement, ont enregistré un taux annuel de croissance de l'intrant travail supérieur à 6 p. 100; durant la dernière période (1988-1995), aucune industrie n'a vu l'intrant travail croître à un rythme supérieur à 6 p. 100 annuellement. Le nombre d'industries dont le taux de décroissance de l'intrant travail a dépassé 2 p. 100 est passé de 4 entre 1961 et 1973 à 13 entre 1973 et 1988 et à 37 entre 1988 et 1995.

Parmi les 122 industries étudiées, celles du pétrole brut et du gaz naturel, des plastiques et résines de synthèse, des moquettes, des camions, des véhicules automobiles et du matériel de transport divers ont enregistré des taux annuels de croissance de l'intrant travail dépassant 8 p. 100 entre 1961 et 1973, mais aucune industrie n'a atteint ce niveau au cours des périodes 1973-1988 ou 1988-1995. Par contre, le nombre d'industries qui font voir un fléchissement rapide de la croissance de l'intrant travail a augmenté au fil des trois périodes : seules les mines d'or ont enregistré une baisse de la croissance de l'intrant travail dépassant 4 p. 100 annuellement entre 1961 et 1973, mais à la période suivante, 3 industries (les mines de fer, les mines d'amiante et les phonographes) se sont retrouvées dans cette catégorie; durant la période 1988-1995, ce nombre a grimpé à 18.

Le tableau 3.3 révèle qu'au cours des trois périodes, 114, 83 et 45 industries, respectivement, ont enregistré un taux de croissance des intrants intermédiaires supérieur à 2 p. 100. Comme dans le cas des deux autres intrants, la première période a été le théâtre d'une forte croissance des intrants intermédiaires, à 6,2 p. 100 annuellement en moyenne, tandis que la seconde période a montré une croissance modérément robuste, à un taux annuel moyen de 3,0 p. 100. Au cours de la dernière période, les intrants inter-

médiaires ont crû à un taux annuel moyen relativement faible de 0,9 p. 100. Lorsque nous examinons les industries dont le taux annuel de croissance a été supérieur à 6 p. 100 ou celles qui ont enregistré un taux de croissance négatif supérieur à 2 p. 100, nous observons qu'au cours des trois périodes, 60, 19 et 8 industries, respectivement, ont affiché des taux de croissance des intrants intermédiaires dépassant 6 p. 100, tandis qu'aucune n'a subi un déclin dépassant 2 p. 100 annuellement durant l'une ou l'autre des trois périodes.

Entre 1961 et 1973, 15 industries ont enregistré une croissance des intrants intermédiaires supérieure à 8 p. 100 annuellement. Ce chiffre est tombé à 6 industries entre 1973 et 1988 et à 5 industries entre 1988 et 1995. Les industries du pétrole brut et des services professionnels ont enregistré une croissance des intrants intermédiaires supérieure à 8 p. 100 annuellement durant les deux premières périodes, tandis qu'au cours des deux dernières périodes, seule l'industrie des machines de bureau a connu une croissance annuelle supérieure à 8 p. 100. Les chemins de fer, le matériel de transport divers, le matériel de communications, les machines de bureau et l'électricité ont dominé la tendance à la hausse de la croissance des intrants intermédiaires durant la dernière période.

Les chiffres sur la croissance de la production présentés pour chaque industrie au tableau 3A.2 en annexe représentent la somme des contributions des trois intrants (capital, travail et intrants intermédiaires) et de la croissance de la PTF. La contribution de chaque intrant est mesurée par le produit de la part de la valeur de la production détenue par cet intrant et de son taux de croissance. Le tableau 3.4 compare la croissance de la PTF et la somme des contributions des trois intrants à la croissance de la production. Il montre que la croissance de la PTF a été le facteur prédominant (représentant plus de 50 p. 100 de la croissance de la production) dans 13 et 32 industries, respectivement, au cours des périodes 1961-1973 et 1973-1988. L'importance de la croissance de la PTF a augmenté de façon spectaculaire au cours de la période 1988-1995, alors que 68 industries ont compté principalement sur ce facteur comme source de croissance de la production. La progression rapide du rôle joué par la croissance de la PTF est principalement attribuable à un ralentissement marqué de la croissance des intrants au cours de la période, notamment le travail et les intrants intermédiaires. Le tableau 3.5 jette un peu plus de lumière sur cet aspect en comparant la contribution de la croissance de la PTF à celle de chacun des trois intrants. Le nombre d'industries où les intrants intermédiaires ont été la principale source de croissance de la production a chuté de 93 entre 1961 et 1973 à 67 entre 1973 et 1988 et à 39 entre 1988 et

1995. Par ailleurs, la contribution de la croissance de la PTF a fait des progrès considérables dans un certain nombre d'industries au cours des mêmes périodes : alors qu'elle était la principale source de croissance de la production dans 17 industries sur la période 1961-1973, ce chiffre est passé à 34 et à 53, respectivement, durant les périodes 1973-1988 et 1988-1995. La contribution de l'intrant capital est également devenue plus importante au cours de ces trois périodes, ce facteur ayant été la principale source de croissance de la production dans 6 industries entre 1961 et 1973, dans 15 industries entre 1973 et 1988 et dans 22 industries entre 1988 et 1995. Le nombre d'industries qui ont misé sur la contribution de l'intrant travail comme principale source d'expansion est demeuré à peu près constant sur l'ensemble des trois périodes.

Tableau 3.4

Source prédominante de croissance de la production dans 122 industries

	Nombre d'industries		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Contribution des intrants	109	90	54
Croissance de la PTF	13	32	68

Tableau 3.5

Principale source de croissance de la production dans 122 industries

	Nombre d'industries		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Contribution de l'intrant capital	6	15	22
Contribution de l'intrant travail	6	6	8
Contribution des intrants intermédiaires	93	67	39
Croissance de la PTF	17	34	53

3.4.3 Croissance de la qualité des intrants capital et travail

Nous pouvons en apprendre davantage sur les origines de la croissance de la production en analysant les répercussions des rajustements apportés au capital, au travail et à la PTF pour tenir compte de la qualité. Les tableaux 3.A4 et 3.A5 en annexe renferment, respectivement, les calculs de la croissance de la qualité des intrants capital et travail au cours des mêmes trois périodes. Ces données montrent que la croissance de la qualité de l'intrant capital est

devenue progressivement plus importante au fil des trois périodes. En moyenne, la qualité du capital a progressé à un taux annuel de 0,8 p. 100 entre 1961 et 1973, de 0,9 p. 100 entre 1973 et 1988 et de 0,9 p. 100 entre 1988 et 1995. Le stock de capital a crû à des taux annuels de 3,9 p. 100 et de 1,0 p. 100, respectivement, durant les deux premières périodes, mais il a régressé de 0,8 p. 100 annuellement au cours de la dernière période. La croissance de la qualité de l'intrant capital a été un élément majeur de la croissance de l'intrant capital dans 20 industries durant la période 1961-1973, dans 54 industries entre 1973 et 1988 et dans 76 industries entre 1988 et 1995. Nous arrivons à des conclusions semblables en ce qui a trait à la qualité du travail; ce facteur a joué un rôle de plus en plus important avec le temps : la croissance de la qualité de l'intrant travail a été une source prédominante de croissance de l'intrant travail dans 20, 53 et 83 industries au cours des trois périodes successives.

Par conséquent, dans la plupart des industries, le fait de ne pas tenir compte de l'évolution de la qualité signifie que l'on attribue une part plus grande de la croissance de la production à la croissance de la PTF et une part plus faible à la croissance des intrants. En d'autres termes, si l'on ne tient pas compte des changements survenus dans la qualité des intrants capital et travail, la croissance de la PTF sera plus élevée. Dans une industrie représentative, l'omission de la qualité du capital et du travail entraînerait une surestimation de la croissance de la PTF de 16 p. 100 pour la période 1961-1973, de 22 p. 100 pour la période 1973-1988 et de 44 p. 100 pour la période 1988-1995.

3.5 Sources de croissance de la production et de la productivité du travail dans le secteur des entreprises privées

DANS CETTE SECTION, NOUS ANALYSONS les sources de croissance de la production et de la productivité du travail dans le secteur des entreprises privées au Canada. Notre analyse est fondée sur l'hypothèse qu'il existe une fonction de production agrégée. Tel qu'exposé dans Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) et dans Jorgenson (1995a, 1995b), cela nous oblige à faire un certain nombre d'hypothèses restrictives, mais il en résulte un cadre utile pour déterminer les sources de la croissance économique dans l'économie. Dans le secteur des entreprises privées, le taux de croissance de la PTF équivaut à la différence entre le taux de croissance de la valeur ajoutée de la production et une moyenne pondérée des taux de croissance des intrants capital et travail. Encore une fois, le capital et le travail sont constitués de

deux éléments, la quantité et la qualité, et sont ventilés en fonction des mêmes éléments que ceux que l'on retrouve dans les données sectorielles décrites à la section 3.3.

Le tableau 3.6 décompose les sources de croissance de la production dans le secteur des entreprises privées au Canada au cours des trois périodes. Durant la première période, la production a augmenté à un taux annuel de 5,6 p. 100, l'intrant capital fournissant une contribution annuelle de 1,2 p. 100, l'intrant travail, de 1,8 p. 100 et la PTF, de 2,6 p. 100. Cependant, on a observé un fléchissement progressif des contributions des intrants capital et travail et de la croissance de la PTF, ce qui a entraîné un ralentissement de la croissance de la production. Au cours de la période 1988-1995, la production du secteur des entreprises privées n'a augmenté qu'à un rythme de 1,5 p. 100 annuellement et les contributions moyennes provenant de la croissance des intrants capital et travail et de la PTF ont fléchi à 0,5, 0,6 et 0,4 p. 100, respectivement. En outre, l'importance relative de la croissance de la PTF a diminué au cours des trois périodes. Les résultats montrent que la croissance de la PTF a été à l'origine d'environ 46 p. 100 de la croissance de la production entre 1961 et 1973, mais de seulement 22 et 26 p. 100, respectivement, au cours des périodes 1973-1988 et 1988-1995. La croissance de l'intrant capital a été à l'origine de 22 p. 100 de la croissance de la production entre 1961 et 1973 et d'environ 32 p. 100 entre 1973 et 1988 et entre 1988 et 1995.

Tableau 3.6

Sources de croissance de la production dans le secteur des entreprises privées (%)

	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Croissance de la production	5,56	3,27	1,48
Contributions de l'intrant capital	1,22	1,06	0,49
Contribution du stock de capital	0,85	0,73	0,27
Contribution de la qualité du capital	0,38	0,33	0,22
Contributions de l'intrant travail	1,76	1,49	0,60
Contribution des heures travaillées	1,29	1,30	0,22
Contribution de la qualité du travail	0,47	0,19	0,38
Croissance de la PTF	2,58	0,72	0,39

Le tableau 3.7 révèle la mesure dans laquelle les chiffres présentés au tableau 3.6 ont changé d'une période à l'autre. Entre 1961-1973 et 1973-1988, le ralentissement de la croissance de la PTF a représenté plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production du secteur des entreprises privées, ce qui en a fait clairement le principal facteur à l'origine de cette situation. Par contre, plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production de 1973-1988 à 1988-1995 provient du ralentissement de la croissance des intrants capital et travail et, plus précisément, du ralentissement de la croissance du stock de capital et du nombre d'heures travaillées.

Nous concluons cette section par une analyse de la croissance de la productivité et du travail, puisque celle-ci est directement liée au niveau de vie en général, défini par le PIB par habitant. Le tableau 3.8 présente un aperçu sommaire de la croissance de la productivité du travail au cours de la période 1961-1995; il montre que la productivité du travail a ralenti sensiblement après la première période — de 3,6 p. 100 annuellement entre 1961 et 1973 à 1,2 p. 100 entre 1973 et 1988, pour demeurer à peu près à ce niveau au cours de la période 1988-1995. La croissance de la PTF a représenté 72, 61 et 36 p. 100, respectivement, de la croissance de la productivité du travail au cours des périodes 1961-1973, 1973-1988 et 1988-1995. La contribution plus modeste de la croissance de la PTF durant la dernière période a été plus ou moins compensée par celle de la qualité du travail : bien que ce facteur n'ait représenté que 16 p. 100 de la croissance de la productivité du travail au cours de la période 1973-1988, sa contribution a grimpé à 34 p. 100 au cours de la dernière période. Le tableau 3.9 montre que 78 p. 100 du ralentissement de la croissance de la productivité du travail entre 1961-1973 et 1973-1988 est attribuable au ralentissement de la croissance de la PTF (qui est passée de 2,6 p. 100 annuellement entre 1961 et 1973 à 0,7 p. 100 entre 1973 et 1988). Le reste du ralentissement de la croissance de la productivité du travail est imputable au ralentissement de l'intensité du capital et de la qualité du travail. Même si la croissance de la PTF a continué à fléchir, cette tendance a été compensée par un regain de la croissance de l'intensité du capital et de la qualité du travail, ce qui a empêché la croissance de la productivité du travail de reculer encore davantage. Ensemble, la qualité du capital et la qualité du travail ont été à l'origine de 24 p. 100 de la croissance de la productivité du travail au cours de la période 1961-1973, de 44 p. 100 entre 1973 et 1988 et de 54 p. 100 entre 1988 et 1995.

Tableau 3.7

Évolution des sources de croissance de la production dans le secteur des entreprises privées (%)

	1973-1988 moins 1961-1973	1988-1995 moins 1973-1988
Croissance de la production	-2,29	-1,79
Contributions de l'intrant capital	-0,16	-0,57
Contribution du stock de capital	-0,12	-0,45
Contribution de la qualité du capital	-0,04	-0,12
Contributions de l'intrant travail	-0,27	-0,89
Contribution des heures travaillées	0,01	-1,07
Contribution de la qualité du travail	-0,28	0,19
Croissance de la PTF	-1,86	-0,33

Tableau 3.8

Sources de croissance de la productivité du travail dans le secteur des entreprises privées (%)

	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Croissance de la productivité du travail	3,56	1,19	1,12
Contributions de l'intrant capital/h	0,51	0,28	0,34
Contribution du stock de capital/h	0,13	-0,05	0,12
Contribution de la qualité du capital	0,38	0,33	0,22
Contribution de la qualité du travail	0,47	0,19	0,38
Croissance de la PTF	2,58	0,72	0,39

Tableau 3.9

Évolution des sources de croissance de la productivité du travail dans le secteur des entreprises privées (%)

	1973-1988 moins 1961-1973	1988-1995 moins 1973-1988
Croissance de la productivité du travail	-2,37	-0,17
Contributions de l'intrant capital/h	-0,23	0,06
Stock de capital/h	-0,18	0,17
Qualité du capital	-0,05	-0,11
Contribution de la qualité du travail	-0,28	0,19
Croissance de la PTF	-1,86	-0,33

3.6 Conclusion

CETTE ÉTUDE A MONTRÉ que le rajustement des intrants capital et travail pour tenir compte des changements de qualité permet de mieux comprendre l'évolution de la croissance économique au Canada. En intégrant à l'analyse des intrants capital et travail des rajustements pour tenir compte de la qualité, nous attribuons une plus grande partie de la croissance de la production et de la croissance de la productivité du travail à la croissance des intrants et, ainsi, une proportion moins élevée à la croissance de la PTF.

Nos résultats montrent que la croissance de la production dans le secteur des entreprises privées au Canada a ralenti, passant de 5,6 p. 100 entre 1961 et 1973 à 3,3 p. 100 entre 1973 et 1988 et à 1,5 p. 100 entre 1988 et 1995. La croissance de la PTF a représenté environ 46 p. 100 de la croissance de la production au cours de la période 1961-1973, contre 22 et 26 p. 100, respectivement, entre 1973 et 1988 et entre 1988 et 1995. Simultanément, plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production observé entre la première et la seconde période est attribuable au ralentissement de la croissance de la PTF. Par contre, plus de 80 p. 100 du ralentissement de la croissance de la production de 1973-1988 à 1988-1995 est imputable au ralentissement de la croissance des intrants capital et travail. Le ralentissement de la croissance du stock de capital et du nombre d'heures travaillées est le principal facteur responsable du ralentissement de la croissance des intrants entre ces deux périodes.

La croissance de la productivité du travail dans le secteur des entreprises privées au Canada a aussi diminué de façon significative après 1973 — elle est passée de 3,6 à 1,2 p. 100, annuellement, entre 1961-1973 et 1973-1988, pour demeurer à peu près à ce niveau au cours de la période subséquente, soit 1988-1995. La croissance de la PTF a représenté 72, 61 et 36 p. 100, respectivement, de la croissance de la productivité du travail au cours des trois périodes successives. La contribution plus modeste de la croissance de la PTF au cours de la dernière période a été à peu près compensée par la qualité du travail, qui a été à l'origine de 16 p. 100 de la croissance de la productivité du travail durant la période 1973-1988, contribution qui a grimpé à 34 p. 100 au cours de la dernière période. Cependant, 78 p. 100 du ralentissement de la croissance de la productivité du travail entre 1961-1973 et 1973-1988 est imputable à la croissance plus lente de la PTF. Comme dans le cas du fléchissement de la croissance de la production, le reste du ralentissement de la croissance de la productivité du travail est attribuable à une croissance plus faible de l'intensité du capital et de la qualité du travail. Même si le ralentissement

de la croissance de la PTF s'est poursuivi entre 1973-1988 et 1988-1995, cette tendance a été compensée par un regain de la croissance de l'intensité du capital et de la qualité du travail, ce qui a empêché la croissance de la productivité du travail de chuter encore davantage.

Dans une majorité des 122 industries examinées, la croissance des intrants a été la principale source de croissance de la production au cours des périodes 1961-1973 et 1973-1988. Cependant, entre 1988 et 1995, la croissance de la PTF a représenté plus de la moitié de la croissance de la production dans un peu plus de la moitié de ces industries, principalement en raison du fait que la croissance des intrants a chuté davantage que la croissance de la productivité de 1973-1988 à 1988-1995.

Cette étude représente donc un premier pas vers une meilleure compréhension des sources de la croissance de la production et de la productivité du travail dans l'économie canadienne. Un certain nombre de raffinements pourrait s'avérer utile à cet égard. À titre d'exemple, l'intrant capital est fondé uniquement sur cinq catégories d'actif dans notre étude; il serait certes utile d'élargir la gamme de ces catégories afin de mieux comprendre les sources de la croissance de la production et de la productivité du facteur travail au Canada. De plus, en accroissant le nombre de catégories d'actif, il serait possible d'analyser les répercussions de l'investissement en technologie de l'information sur l'économie canadienne.

Notes

1 Au niveau de l'industrie, le Bureau of Labor Statistics des États-Unis n'apporte pas d'ajustement pour tenir compte de la qualité du travail, tandis qu'au niveau de l'ensemble de l'économie, il procède à une agrégation de l'intrant capital pour les différentes catégories d'actif et d'industries.

2 Tel que décrit dans Johnson (1994).

3 Statistique Canada utilise une méthode d'amortissement dégressif à taux double pour estimer le stock de capital.

4 Voir l'appendice E pour une description détaillée.

5 La méthode de calcul de la valeur actualisée des déductions pour amortissement est décrite dans Dougherty (1992).

6 Voir l'analyse détaillée à l'appendice F.

7 Le fichier de micro-données du recensement de 1961 n'est pas disponible. Cependant, des renseignements très détaillés sur l'emploi et les gains, désagrégés en fonction d'une, deux et trois caractéristiques de l'intrant travail, sont publiés par Statistique Canada. Nous avons donc employé la méthode de l'ajustement proportionnel itératif aux fins d'estimer les matrices des heures travaillées et de la rémunération de la main-d'œuvre pour 1961.

Annexe :
Tableaux détaillés par industrie

Tableau 3.A1

Liste des industries

N°	Industrie	Abréviation
1.	Industries de l'agriculture et des services connexes	Agriculture
2.	Industries de la pêche et du piégeage	Pêche
3.	Industries de l'abattage et de l'exploitation forestière	Expl. forest.
4.	Mines d'or	Or
5.	Autres mines métalliques	Autres mines
6.	Mines de fer	Mines de fer
7.	Mines d'amiante	Amiante
8.	Autres mines non métalliques (sauf le charbon)	Mines non métal.
9.	Mines de sel	Sel
10.	Mines de charbon	Charbon
11.	Industries du pétrole brut et du gaz naturel	Pétrole brut et gaz
12.	Industries des carrières et sablières	Carrières
13.	Industries de services connexes à l'extraction des minéraux	Autres extr. min.
14.	Industries de la volaille, de la viande et des produits de la viande	Volaille
15.	Industries des produits du poisson	Prod. du poisson
16.	Industries des fruits et légumes	Fruits
17.	Industries des produits laitiers	Prod. laitiers
18.	Industrie de l'alimentation animale, industrie du sucre de canne et de betterave, industries de produits alimentaires divers	Alim. animaux
19.	Usines d'huile végétale (sauf l'huile de maïs)	Huile vég.
20.	Industrie des biscuits, industries du pain et des autres produits de boulangerie	Biscuits
21.	Industrie des boissons gazeuses	Boissons gazeuses
22.	Industrie des produits de distillerie	Distilleries
23.	Industrie des produits de brasserie	Brasseries
24.	Industrie du vin	Vin
25.	Industries des produits du tabac	Tabac
26.	Industries des produits en caoutchouc	Caoutchouc
27.	Industries des produits du plastique	Plastiques
28.	Tanneries de cuir, industrie de la chaussure, industries diverses du cuir et des produits connexes	Cuir

Tableau 3.A1 (suite)

N°	Industrie	Abréviation
29.	Industries des fibres, filés et tissus artificiels et synthétiques, industries de filature et tissage de la laine	Fibres et filés
30.	Industrie des tricots en grande largeur	Tricots
31.	Industries diverses des produits textiles	Textiles divers
32.	Industrie des moquettes, carpettes et tapis	Tapis
33.	Industries du vêtement et des bas	Vêtement
34.	Industries des produits des usines de sciage, de rabotage et de fabrication de bardeau	Scieries
35.	Industries des plaquages et contreplaqués	Plaqués
36.	Industries des portes, châssis et autres produits de menuiserie	Châssis
37.	Industries des boîtes en bois et cercueils	Boîtes en bois
38.	Autres industries du bois	Autres, bois
39.	Industries des meubles de maison	Meubl. maison
40.	Industries des meubles de bureau	Meubl. bureau
41.	Autres industries de meubles et d'articles d'ameublement	Autres meubles
42.	Industries des pâtes et papier	Pâtes
43.	Industrie du papier de couverture asphalté	Papier toiture
44.	Industries des boîtes et sacs de papier	Boîtes de papier
45.	Autres industries de produits de papier transformé	Autres, papier
46.	Industries de l'imprimerie et de l'édition	Imprimerie
47.	Industries de fabrication de clichés, compositions et reliures	Clichés
48.	Industries primaires de l'acier	Acier primaire
49.	Industrie de tuyaux et de canalisations en acier	Tuyaux d'acier
50.	Fonderies de fer	Fer
51.	Industries de la fonte et de l'affinage des métaux non ferreux	Mét. non ferreux
52.	Industries du laminage, du moulage et de l'extrusion de l'aluminium	Aluminium
53.	Industries du laminage, du moulage et de l'extrusion du cuivre et des alliages	Cuivre
54.	Autres industries de laminage, coulage et extrusion de produits métalliques non ferreux	Aut. laminages
55.	Industries des chaudières et de charpentes métalliques	Chaudières
56.	Industries des produits en métal ornemental et architectural	Mét. ornemental
57.	Industries des produits métalliques emboutis, formés et enduits	Métal embouti
58.	Industries de la tréfilerie et des produits tréfilés	Tréfilés
59.	Industries de la ferronnerie, de l'outillage et de la coutellerie	Ferronnerie
60.	Industrie du matériel de chauffage	Chauffage
61.	Industrie de l'usinage	Usinage
62.	Autres industries de fabrication métallique	Autres métaux

Tableau 3.A1 (suite)

N°	Industrie	Abréviation
63.	Industrie des instruments aratoires	Mach. agricoles
64.	Industries du matériel de réfrigération commerciale et de climatisation	Réfrigération
65.	Autres industries de machines et de matériel	Autres M et M
66.	Industrie de l'avionnerie et des pièces d'aéronef	Aéronefs
67.	Industrie des véhicules automobiles	Automobiles
68.	Industries des carrosseries de camions, autobus et remorques	Camions
69.	Industries des pièces et accessoires d'automobiles	Pièces d'auto.
70.	Industrie du matériel ferroviaire roulant	Chemins de fer
71.	Industrie de la construction navale et de la réparation de navires	Const. navale
72.	Industries diverses de matériel de transport	Transports divers
73.	Industrie des petits appareils électriques	Petits appareils
74.	Industries des gros appareils ménagers (électriques et non électriques)	Gros appareils
75.	Autres industries de produits électriques et électroniques, industrie des batteries	Autres, électr.
76.	Industries des phonographes, radios et téléviseurs	Phonographes
77.	Industries du matériel de communications et autre matériel électronique	Mat. de comm.
78.	Industries des machines de bureau, de magasin et d'entreprise	Mach. de bureau
79.	Industries des fils et câbles de communication et de transmission de l'énergie	Fils et câbles
80.	Industries des produits en céramique	Céramique
81.	Industrie du ciment hydraulique	Hydraulique
82.	Industries des produits en béton	Béton
83.	Industrie du béton pré-mélangé	Béton pré-mélangé
84.	Industries du verre et des produits en verre	Verre
85.	Industries des produits minéraux non métalliques diverses	Div., min. n. mét.
86.	Industries du pétrole raffiné et des produits du charbon	Pét. raff. et charb.
87.	Industries des produits chimiques industriels, N.C.A.	Aut. ind. chim.
88.	Industries des produits chimiques, N.C.A.	Aut. prod. chim.
89.	Industrie des plastiques et des résines de synthèse	Plast. et rés. syn.
90.	Industrie des produits pharmaceutiques et médicaux	Médicaments
91.	Industrie des peintures et vernis	Peintures
92.	Industrie du savon et des produits de nettoyage	Savons
93.	Industrie des produits de toilette	Prod. toilette
94.	Industries des carrelages, du linoléum et des tissus enduits, autres industries manufacturières	Tuiles

Tableau 3.A1 (suite)

N°	Industrie	Abréviation
95.	Industries de la bijouterie et des métaux précieux	Bijouterie
96.	Industries de fabrication d'articles de sport et de jouets	Mat. sport
97.	Industrie des enseignes et de l'affichage	Enseignes
98.	Industries de la construction	Construction
99.	Industries du transport aérien et des services connexes	Transport aérien
100.	Industries du transport ferroviaire et des services connexes	Transp. ferroviaire
101.	Industries du transport par eau et des services connexes	Transport par eau
102.	Industries du camionnage	Camionnage
103.	Industries des systèmes de transport en commun urbains, interurbains et ruraux, services de transport divers	Transport urbain
104.	Industries du transport par pipeline	Pipeline
105.	Industries de l'entreposage	Entreposage
106.	Industries de la radiodiffusion	Radiodiffusion
107.	Industries des télécommunications	Télécomm.
108.	Industries des services postaux et de messagerie	Messagerie
109.	Industrie des systèmes de production d'électricité	Électricité
110.	Industrie des systèmes de distribution du gaz	Gaz
111.	Industries des systèmes d'approvisionnement en eau et autres services publics, N.C.A.	Aqueducs
112.	Industries du commerce de gros	Comm. de gros
113.	Industries du commerce de détail	Comm. de détail
114.	Industries des finances et de l'immobilier	Finances
115.	Industries des assurances	Assurances
116.	Services professionnels et commerciaux, services de publicité et autres services d'affaires	Serv. prof.
117.	Industries des services d'enseignement privé	Éducation
118.	Autres industries de services de santé et de services sociaux	Autres, santé
119.	Industries des services d'hébergement et d'alimentation	Hébergement
120.	Industries du film et de la vidéo, autres services de divertissement et de loisirs	Films
121.	Industries des services de laverie et de nettoyage et autres services personnels	Laveries
122.	Organisations mutuelles (à l'exclusion des organismes religieux) et autres industries de services	Mutuelles

Tableau 3.A2

Taux de croissance annuel de la production et de la PTF (%)

	Croissance de la production			Croissance de la PTF		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture	3,49	3,84	2,17	2,12	1,22	1,35
2. Pêche	0,79	3,24	-2,26	-0,65	0,06	-2,40
3. Expl. forest.	3,99	2,33	1,97	1,59	1,46	-0,60
4. Or	-6,68	5,85	2,32	-0,98	1,85	2,82
5. Autres mines	4,97	-0,70	-1,98	0,49	1,05	-0,70
6. Mines de fer	10,75	-1,90	-1,46	1,68	0,41	-0,27
7. Amiante	3,69	-6,75	-3,48	-1,27	-2,57	0,77
8. Mines non métal.	15,03	4,37	0,18	7,63	1,42	2,84
9. Sel	5,79	5,52	0,49	2,02	3,91	1,27
10. Charbon	5,96	7,79	-0,39	2,44	3,82	3,12
11. Pétrole brut et gaz	10,50	0,41	3,78	3,51	-5,46	3,50
12. Carrières	5,69	3,48	-2,11	2,21	1,13	-3,37
13. Autres extr. min.	5,62	5,54	1,79	-0,65	0,27	-0,26
14. Volaille	4,05	2,31	0,52	0,15	0,20	-0,38
15. Prod. du poisson	2,96	2,51	-1,32	-0,61	0,19	1,29
16. Fruits	3,78	2,44	1,01	0,85	0,82	1,17
17. Prod. laitiers	1,99	1,23	-1,55	0,48	0,12	-0,63
18. Alim. animaux	3,60	1,89	2,45	0,88	-0,19	1,62
19. Huile vég.	6,14	6,55	7,10	0,87	0,72	1,13
20. Biscuits	1,06	-0,95	0,71	0,94	-0,21	-0,32
21. Boissons gazeuses	5,71	1,61	0,46	0,75	-0,21	0,35
22. Distilleries	6,92	-2,03	-3,56	2,58	0,21	0,15
23. Brasseries	4,78	1,45	0,22	1,94	-0,73	1,92
24. Vin	9,68	2,87	-2,92	2,54	1,44	-1,61

Tableau 3.A2 (suite)

	Croissance de la production			Croissance de la PTF		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
25. Tabac	2,18	-1,10	-0,65	0,75	0,82	0,27
26. Caoutchouc	7,59	1,52	4,35	1,20	0,72	3,18
27. Plastiques	13,63	5,88	2,29	3,22	0,18	-0,10
28. Cuir	0,88	-0,60	-6,18	0,59	1,09	-0,34
29. Fibres et filés	4,62	0,26	-0,30	1,34	2,01	1,04
30. Tricots	10,04	1,79	1,09	2,16	2,73	1,27
31. Textiles divers	5,80	2,70	-1,04	1,41	-0,10	0,70
32. Tapis	20,11	3,22	-4,26	3,86	1,46	-0,23
33. Vêtement	4,58	1,41	-2,01	0,90	0,69	0,72
34. Scieries	5,78	3,85	1,44	0,27	1,72	-1,05
35. Plaqués	4,82	-0,36	0,16	0,64	1,05	-1,69
36. Châssis	6,11	3,91	-2,22	0,66	-0,02	-0,64
37. Boîtes en bois	4,16	1,78	-1,25	0,43	0,54	-1,51
38. Autres, bois	3,52	7,10	3,79	-1,06	1,36	1,29
39. Meubles de maison	6,65	0,69	-3,67	1,53	-0,89	0,96
40. Meubles de bureau	8,51	6,27	-0,15	2,40	-0,24	0,90
41. Autres meubles	6,64	2,25	0,94	1,49	-0,65	1,91
42. Pâte	4,33	1,96	1,72	-0,15	0,19	-0,37
43. Papier toiture	2,78	4,00	-2,60	1,64	1,59	-0,10
44. Boîtes de papier	5,38	1,16	0,78	1,05	0,03	0,39
45. Autres, papier	6,57	1,68	1,07	0,96	-0,73	1,34
46. Imprimerie	3,81	3,73	-2,23	0,46	0,52	-1,44
47. Clichés	4,65	5,12	-3,67	1,06	1,25	-2,14
48. Acier primaire	6,81	0,83	-0,15	0,95	-0,50	1,22
49. Tuyaux d'acier	5,07	2,78	2,59	1,87	0,56	2,69
50. Fer	6,34	0,20	2,22	1,56	1,08	1,54

Tableau 3.A2 (suite)

	Croissance de la production			Croissance de la PTF		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
51. Métaux non ferreux	3,41	1,53	2,85	0,15	0,81	0,26
52. Aluminium	7,61	3,16	1,15	1,72	0,49	-1,16
53. Cuivre	4,07	-1,54	-4,66	0,40	0,46	1,26
54. Autres laminages	5,87	3,22	-0,82	-0,05	0,14	1,73
55. Chaudières	6,67	0,43	-0,58	1,88	0,54	-0,45
56. Métal ornemental	5,95	4,74	-3,06	-0,10	2,42	1,03
57. Métal embouti	6,51	3,57	-2,55	0,38	1,06	1,56
58. Tréfilés	6,77	-0,27	-1,27	1,44	-0,18	0,86
59. Ferronnerie	7,91	1,59	2,04	1,55	-0,46	1,56
60. Chauffage	2,93	1,63	1,01	1,39	0,18	2,11
61. Usinage	5,75	4,71	6,00	1,70	-0,01	3,29
62. Autres métaux	7,09	-1,01	0,39	1,49	-0,34	0,71
63. Machines agricoles	7,51	-1,63	7,43	1,30	0,75	2,19
64. Réfrigération	11,34	1,94	-1,30	1,93	0,93	0,85
65. Autres M et M	8,60	2,86	2,62	1,27	0,22	0,24
66. Aéronefs	0,20	5,17	2,10	0,40	-0,24	1,46
67. Automobiles	13,17	4,05	5,21	2,81	0,32	0,30
68. Camions	18,17	0,67	-1,27	1,70	0,35	0,10
69. Pièces d'automobile	14,20	5,11	4,79	2,04	2,04	1,52
70. Chemins de fer	11,89	-1,17	7,19	2,67	-1,55	-0,08
71. Construction navale	3,61	0,55	-6,38	-0,19	-0,18	0,06
72. Transports divers	17,39	0,01	9,50	2,39	0,16	2,87
73. Petits appareils	9,71	-0,59	-6,88	3,67	0,87	1,09
74. Gros appareils	6,27	-0,27	-3,56	2,39	-0,32	1,76
75. Autres, électr.	6,96	1,56	-3,38	2,18	0,50	-0,18
76. Phonographes	9,39	1,16	-7,31	3,17	3,36	-1,58

Tableau 3.A2 (suite)

	Croissance de la production			Croissance de la PTF		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
77. Mat. de comm.	8,69	7,06	9,32	2,34	1,80	0,92
78. Machines de bureau	5,97	20,74	22,24	-0,33	7,00	3,99
79. Fils et câbles	5,52	1,45	-1,73	0,38	0,24	0,10
80. Céramique	3,32	-1,31	-12,42	2,51	0,27	-6,16
81. Hydraulique	4,58	-0,29	-2,02	1,72	-0,28	-0,39
82. Béton	5,88	0,51	-4,98	2,14	0,96	-1,45
83. Béton pré-mélangé	8,52	1,22	-3,30	0,77	-0,96	-0,67
84. Verre	6,85	2,04	-0,49	1,93	1,11	1,25
85. Divers, min. non mét.	5,66	1,81	-2,37	2,14	0,49	-0,28
86. Pét. raffiné et charbon	6,18	-0,12	1,32	0,75	0,18	0,34
87. Autres ind. chimiques	6,86	3,80	-0,29	1,32	1,11	1,58
88. Aut. prod. chimiques	5,66	3,83	1,92	1,11	0,69	1,48
89. Plastiques et rés. syn.	8,21	6,10	6,68	2,76	0,56	2,90
90. Médicaments	8,33	4,50	3,41	2,51	1,92	-0,57
91. Peintures	4,59	2,20	-3,23	0,55	0,76	-2,49
92. Savons	3,89	4,09	-0,02	1,94	-0,13	2,00
93. Prod. toilette	6,78	3,51	0,65	1,27	-0,08	2,44
94. Tuiles	6,09	1,90	0,11	1,79	-0,15	0,22
95. Bijouterie	4,99	1,37	-3,20	-0,58	0,41	0,60
96. Mat. sport	7,36	2,33	3,93	1,36	0,84	1,77
97. Enseignes	4,38	3,87	-1,04	1,11	-1,29	1,17
98. Construction	4,09	2,76	-1,69	-0,05	0,76	-0,25
99. Transport aérien	8,81	4,30	0,13	1,68	0,06	-2,01
100. Transport ferroviaire	4,95	2,61	0,01	4,99	2,89	1,55
101. Transport par eau	6,02	0,21	-1,98	2,66	2,04	-1,14
102. Camionnage	6,16	4,68	3,80	1,50	1,10	0,84

Tableau 3.A2 (suite)

	Croissance de la production			Croissance de la PTF		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
103. Transport urbain	4,65	2,68	0,82	-0,63	-0,21	-1,44
104. Pipeline	11,86	1,27	6,74	6,69	0,50	1,89
105. Entreposage	2,61	1,91	0,80	1,49	-1,10	-0,53
106. Radiodiffusion	9,43	5,25	3,43	2,29	-0,70	-0,94
107. Télécomm.	8,36	8,18	4,83	4,68	4,94	1,79
108. Messagerie	4,53	5,65	1,74	1,93	-0,03	-1,94
109. Électricité	8,45	4,56	1,56	2,78	0,31	-1,95
110. Gaz	8,23	3,20	1,39	4,71	-0,75	-2,13
111. Aqueducs	9,24	6,47	1,31	1,13	1,28	-1,71
112. Commerce de gros	6,38	4,84	2,93	1,82	2,13	-0,01
113. Commerce de détail	5,37	3,63	1,87	2,35	0,83	0,16
114. Finances	5,81	4,07	3,32	-1,08	-2,11	1,91
115. Assurances	2,06	5,15	2,91	-1,37	2,19	-0,42
116. Serv. prof.	8,88	7,20	4,18	0,47	-0,59	-1,40
117. Éducation	3,91	2,29	-3,23	-1,05	3,28	-5,89
118. Autres, santé	7,32	5,26	2,34	0,10	0,56	-0,36
119. Hébergement	4,43	2,79	0,90	-0,47	-1,76	0,39
120. Films	5,40	6,29	2,85	-0,48	-0,35	-1,38
121. Laveries	0,69	1,98	0,32	0,08	0,93	-1,74
122. Mutuelles	6,98	6,26	2,96	1,39	-0,67	-1,31
Moyenne	6,34	2,71	0,53	1,39	0,58	0,30

Tableau 3.A3

Taux de croissance annuel des intrants (%)

	Intrant capital			Intrant travail			Intrants intermédiaires		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture	1,61	0,06	-3,13	-3,00	-0,04	0,04	4,64	4,60	1,98
2. Pêche	2,00	-0,47	3,42	-2,23	4,46	-6,49	3,88	5,44	1,70
3. Expl. forest.	1,98	-2,60	-0,99	-0,27	-0,97	0,12	5,19	2,89	4,48
4. Or	4,03	-0,31	-4,10	-8,92	5,34	-0,37	-4,44	11,28	2,74
5. Autres mines	4,10	-0,24	-2,90	2,38	-3,14	-2,59	8,69	-0,02	1,58
6. Mines de fer	10,22	-1,52	-0,79	3,46	-4,77	-0,21	10,96	-1,86	-2,01
7. Amiante	7,45	-1,23	-1,80	1,71	-6,66	-0,81	5,27	-4,62	-7,04
8. Mines non métal.	4,94	2,74	-8,16	5,61	1,56	1,90	11,79	3,94	2,37
9. Sel	4,50	-0,14	-3,87	2,18	1,34	1,20	4,60	3,00	0,09
10. Charbon	13,39	3,07	-11,66	-2,57	2,94	-1,09	7,15	7,56	0,68
11. Pétrole brut et gaz	6,43	5,12	-1,09	8,96	7,01	-1,29	8,86	9,02	3,83
12. Carrières	3,00	0,56	6,35	0,67	1,85	1,65	6,16	3,81	-2,58
13. Autres extr. min.	8,84	2,92	-3,22	4,63	6,86	1,73	6,08	5,58	2,79
14. Volaille	3,80	0,83	0,15	1,69	0,43	1,03	4,23	2,39	0,93
15. Prod. du poisson	6,63	1,40	-1,12	4,00	2,05	-4,70	3,40	2,56	-2,03
16. Fruits	5,71	0,74	0,38	0,72	-0,57	0,87	3,08	2,50	-0,60
17. Prod. laitiers	6,66	0,68	-0,18	-1,21	-0,65	-1,95	1,59	1,41	-0,87
18. Alim. animaux	1,26	3,70	-2,40	1,17	1,01	0,41	3,26	1,98	1,93
19. Huile vég.	3,11	4,25	3,35	2,99	4,31	2,80	5,55	5,99	6,65
20. Biscuits	0,52	-1,90	4,73	-0,76	-1,53	-0,42	0,59	0,30	0,36
21. Boissons gazeuses	4,16	-0,02	-1,71	1,27	-0,99	-0,95	7,27	3,26	0,83
22. Distilleries	4,51	-3,22	-1,81	2,69	-1,80	-8,76	4,72	-1,74	-2,71
23. Brasseries	3,72	-0,51	-3,26	1,30	2,06	-2,50	2,98	3,72	0,20

Tableau 3.A3 (suite)

	Intrant capital			Intrant travail			Intrants intermédiaires		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
24. Vin	4,30	-0,91	-2,05	6,00	1,06	-3,32	8,57	2,26	-0,59
25. Tabac	1,80	-1,54	-2,31	-0,63	-3,37	-1,82	1,76	-1,56	0,12
26. Caoutchouc	6,78	-0,22	3,10	3,67	0,64	-0,84	7,63	1,10	3,01
27. Plastiques	5,37	4,43	2,59	8,52	4,48	1,82	12,17	6,37	2,66
28. Cuir	2,84	-0,91	-2,12	-1,79	-2,55	-6,21	1,31	-1,30	-6,19
29. Fibres et filés	4,14	-2,44	-1,00	0,13	-3,46	-3,09	4,50	-0,84	-0,59
30. Tricots	6,53	-1,97	5,11	3,35	-3,66	-0,28	8,92	-0,14	-0,93
31. Textiles divers	5,88	1,32	-0,57	2,39	2,64	-2,05	5,07	3,17	-1,85
32. Tapis	8,75	-1,84	-3,95	11,67	-0,90	-5,57	18,97	2,83	-3,70
33. Vêtement	4,98	1,68	1,79	0,90	-0,55	-4,71	5,10	1,28	-2,47
34. Scieries	10,49	0,79	0,39	2,94	0,10	0,87	6,11	3,06	3,42
35. Plaqués	7,56	-2,54	1,88	2,52	-2,95	-0,26	4,70	-0,68	2,39
36. Châssis	1,86	1,20	-3,47	4,11	3,79	-1,71	6,52	4,40	-1,48
37. Boîtes en bois	5,37	-1,13	17,46	1,29	-0,84	-2,11	5,10	2,63	2,15
38. Autres, bois	7,23	6,14	2,25	2,95	2,47	0,47	5,00	7,21	4,30
39. Meubles de maison	5,24	1,58	-4,43	3,56	0,79	-4,65	6,13	2,09	-4,57
40. Meubles de bureau	7,10	5,04	-6,11	2,83	4,67	-0,23	8,60	7,84	-0,23
41. Autres meubles	5,31	0,24	-6,78	3,21	2,68	-0,88	6,27	3,43	0,14
42. Pâtes	6,03	0,94	4,07	1,64	0,01	-1,39	5,36	2,63	2,25
43. Papier toiture	2,61	1,98	0,91	-1,65	1,87	-5,69	2,02	2,70	-3,45
44. Boîtes de papier	5,19	0,88	-0,61	2,88	-0,31	0,49	4,80	1,66	0,43
45. Autres, papier	7,33	3,66	2,98	4,59	0,38	-0,83	5,81	3,14	-0,35
46. Imprimerie	3,46	1,93	-1,11	2,01	2,24	-0,32	4,55	4,39	-1,12
47. Clichés	-0,04	1,58	10,35	2,25	3,18	-2,09	6,29	5,74	-3,34
48. Acier primaire	4,72	1,32	-4,93	3,80	-0,28	-4,56	7,19	2,11	0,19

Tableau 3.A3 (suite)

	Intrant capital			Intrant travail			Intrants intermédiaires		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
49. Tuyaux d'acier	-1,43	6,22	-14,21	4,13	1,14	0,15	3,55	2,34	1,81
50. Fer	3,82	-1,41	-0,28	3,34	-1,96	-0,63	6,27	0,22	1,82
51. Métaux non ferreux	2,73	2,46	5,95	0,78	-0,34	-2,02	3,87	1,02	3,19
52. Aluminium	4,88	1,11	4,54	2,58	-0,19	1,05	6,78	3,30	2,37
53. Cuivre	-1,36	-1,69	-5,08	1,80	-1,88	-4,67	4,28	-2,13	-5,76
54. Autres laminages	3,39	2,33	0,42	5,32	2,40	-1,68	6,57	3,59	-3,32
55. Chaudières	3,96	-3,05	-6,33	3,62	-0,26	-0,18	5,66	0,87	1,29
56. Métal ornemental	5,01	0,99	-6,72	2,92	2,36	-5,44	7,96	2,36	-3,06
57. Métal embouti	7,05	2,39	-14,73	3,48	1,44	-1,42	7,09	2,99	-3,15
58. Tréfilés	2,24	0,36	-6,86	3,84	-1,21	-1,20	6,63	0,22	-1,60
59. Ferronnerie	3,48	2,46	-0,83	6,38	1,49	1,19	7,06	2,44	0,28
60. Chauffage	2,11	-0,76	-2,33	-0,61	2,68	-1,42	2,49	1,26	-0,46
61. Usinage	5,44	-1,73	3,44	2,87	5,01	1,73	4,88	5,63	3,85
62. Autres métaux	4,62	-0,29	-7,65	3,96	-1,40	0,54	6,86	-0,35	0,93
63. Machines agricoles	2,70	-3,10	3,46	3,09	-1,99	0,46	8,25	-2,55	7,43
64. Réfrigération	4,80	1,34	-3,87	7,32	0,64	-2,14	11,45	0,88	-2,01
65. Autres M et M	2,87	0,62	3,80	5,36	2,65	-0,12	9,78	3,25	3,26
66. Aéronefs	-0,37	3,61	0,83	-0,19	4,07	-1,02	0,18	6,75	2,12
67. Automobiles	3,18	11,47	-0,16	6,24	0,64	0,64	12,06	4,16	5,62
68. Camions	11,62	5,52	-0,38	13,62	-0,56	-0,71	17,73	0,38	-1,68
69. Pièces d'automobile	9,10	3,29	-0,90	9,82	2,65	2,37	13,89	3,75	4,40
70. Chemins de fer	-1,27	6,56	2,74	5,48	0,66	0,78	11,07	-1,46	10,74
71. Construction navale	1,58	-0,76	18,22	1,41	-1,77	-6,57	6,17	2,07	-10,93
72. Transports divers	10,20	-1,13	12,34	11,08	-0,30	-2,12	17,77	0,28	8,75
73. Petits appareils	2,76	0,18	-16,98	4,89	-2,92	-10,96	7,50	-0,91	-5,83

Tableau 3.A3 (suite)

	Intrant capital			Intrant travail			Intrants intermédiaires		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
74. Gros appareils	5,49	1,93	-2,92	1,48	-1,84	-5,18	4,89	0,35	-5,65
75. Autres, électr.	3,67	-0,54	-2,80	3,47	-0,24	-4,97	5,88	2,19	-2,47
76. Phonographes	5,83	0,25	1,78	1,82	-7,59	-15,01	8,01	-0,47	-5,47
77. Mat. de comm.	6,48	3,82	7,62	4,17	2,51	-0,05	8,72	7,80	12,34
78. Machines de bureau	6,90	12,64	-0,28	2,86	3,75	-0,64	7,89	18,07	22,47
79. Fils et câbles	2,75	1,55	-2,50	3,00	-0,82	-2,88	6,23	1,75	-1,78
80. Céramique	-1,38	1,55	-8,92	-0,27	-2,85	-5,18	2,84	-2,22	-8,36
81. Hydraulique	-0,28	1,17	-5,36	2,80	-2,10	-2,58	5,67	0,60	0,01
82. Béton	4,35	-6,34	-2,96	2,23	0,07	-3,08	4,53	1,22	-4,27
83. Béton pré-mélangé	14,23	1,91	-3,96	6,13	1,47	-1,93	7,08	2,06	-3,14
84. Verre	8,95	-1,62	-2,17	2,69	0,40	-4,52	5,57	2,12	0,28
85. Div., min. non mét.	2,33	1,70	-1,76	2,18	0,10	-2,78	4,79	1,96	-1,88
86. Pét. raff. et charbon	3,48	1,35	-2,60	1,80	-0,58	-1,72	6,03	-0,25	1,18
87. Aut. ind. chimiques	5,88	4,76	-3,31	1,55	0,20	-2,69	6,80	3,18	-0,75
88. Aut. prod. chim.	4,94	1,53	-2,03	2,10	1,25	0,88	5,31	4,02	1,15
89. Plast. et rés. syn.	1,71	2,10	-1,04	2,02	2,80	2,71	7,77	6,60	4,74
90. Médicaments	5,61	1,27	5,60	3,66	1,78	1,54	6,95	3,37	4,06
91. Peintures	4,57	-0,06	0,60	1,46	-0,08	0,13	5,04	2,22	-1,52
92. Savons	4,13	5,02	-0,72	1,36	2,51	-2,01	1,57	4,58	-2,15
93. Prod. toilette	3,11	3,12	-1,41	6,00	3,63	-3,67	6,01	3,84	-1,13
94. Tuiles	6,86	2,77	1,13	2,13	1,70	-1,01	5,22	2,14	0,13
95. Bijouterie	9,82	-0,01	2,61	3,36	-0,62	-1,60	5,99	1,23	-4,40
96. Mat. sport	5,80	0,23	4,53	4,59	0,01	2,75	6,71	2,51	1,51
97. Enseignes	2,83	6,75	-1,55	2,70	4,11	-1,62	4,26	5,58	-2,70
98. Construction	1,04	0,84	0,99	2,65	1,81	-1,12	5,17	2,35	-1,90

Tableau 3.A3 (suite)

	Intrant capital			Intrant travail			Intrants intermédiaires		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
99. Transport aérien	5,27	3,76	8,10	6,60	3,00	1,47	8,38	5,31	1,99
100. Transp. ferroviaire	-0,38	0,75	-4,58	-1,53	-3,30	-2,36	2,65	2,26	0,11
101. Transport par eau	-0,35	-0,72	-2,39	-0,76	-0,80	-3,79	7,51	-2,67	1,87
102. Camionnage	2,68	1,17	2,00	2,39	3,37	4,00	7,39	4,25	2,53
103. Transport urbain	4,99	4,30	0,68	3,23	2,27	2,65	7,64	3,50	2,25
104. Pipeline	4,39	0,31	6,06	3,84	5,01	3,77	9,62	0,14	0,53
105. Entreposage	2,14	6,50	-1,85	0,45	0,99	1,42	0,81	3,31	2,51
106. Radiodiffusion	7,48	5,54	7,71	4,60	4,93	-0,29	8,85	6,92	5,35
107. Télécomm.	3,52	2,68	4,54	3,39	1,88	-0,05	4,81	8,03	4,32
108. Messagerie	6,67	12,61	-2,45	2,91	4,61	2,66	2,30	8,88	5,06
109. Électricité	5,91	4,73	2,51	3,44	3,39	1,57	7,86	3,94	8,76
110. Gaz	4,51	4,41	3,07	1,07	2,91	3,60	3,10	3,14	5,64
111. Aqueducs	7,22	2,38	9,98	5,89	5,67	3,94	9,51	6,05	0,74
112. Commerce de gros	1,61	1,90	2,21	4,97	1,95	1,97	5,57	4,47	4,86
113. Commerce de détail	1,35	2,16	4,81	2,64	2,67	0,36	4,42	3,35	3,15
114. Finances	6,54	7,01	1,12	6,11	4,30	0,20	8,20	6,84	2,60
115. Assurances	5,48	3,98	4,76	0,60	0,52	2,28	4,46	4,20	3,18
116. Serv. prof.	8,03	10,73	16,86	7,58	6,82	4,29	10,87	8,49	6,70
117. Éducation	9,25	13,71	7,10	5,68	2,84	3,71	5,14	2,84	4,35
118. Autres, santé	8,01	2,03	0,37	7,53	4,96	3,30	6,06	6,24	2,68
119. Hébergement	7,25	7,76	3,26	4,13	4,73	-0,86	5,12	3,65	1,37
120. Films	8,07	7,89	4,06	5,14	5,23	2,79	5,82	7,22	5,17
121. Laveries	2,14	-0,39	1,29	0,19	0,22	1,44	2,02	3,30	3,62
122. Mutuelles	6,96	13,59	5,77	5,72	4,00	3,64	4,70	7,98	4,80
Moyenne	4,71	1,96	0,10	3,00	1,06	-0,96	6,21	3,01	0,90

Tableau 3.A4

Taux de croissance annuel du stock et de la qualité du capital (%)

	Croissance du stock de capital			Croissance de la qualité du capital		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture	0,17	0,06	-0,11	1,44	0,00	-3,03
2. Pêche	2,01	-0,59	3,39	-0,01	0,13	0,03
3. Expl. forest.	-0,04	-2,44	-2,46	2,02	-0,16	1,47
4. Or	5,44	0,39	-4,01	-1,41	-0,70	-0,09
5. Autres mines	3,85	-1,08	-2,48	0,25	0,84	-0,42
6. Mines de fer	7,79	-2,17	0,37	2,42	0,65	-1,16
7. Amiante	7,45	-2,70	-1,63	0,00	1,47	-0,16
8. Mines non métal.	5,20	2,43	-7,88	-0,26	0,31	-0,28
9. Sel	4,26	0,06	-3,54	0,24	-0,20	-0,33
10. Charbon	12,06	2,30	-11,40	1,33	0,77	-0,26
11. Pétrole brut et gaz	6,44	5,10	-1,11	-0,01	0,02	0,01
12. Carrières	2,50	1,08	7,27	0,49	-0,53	-0,92
13. Autres extr. min.	7,49	3,01	-3,34	1,35	-0,09	0,11
14. Volaille	2,68	0,55	-0,30	1,12	0,28	0,45
15. Prod. du poisson	3,10	0,88	-1,99	3,52	0,52	0,87
16. Fruits	5,90	0,16	0,41	-0,19	0,59	-0,03
17. Prod. laitiers	5,95	0,21	-0,54	0,71	0,47	0,37
18. Alim. animaux	4,26	3,95	-2,54	-3,00	-0,26	0,14
19. Huile vég.	0,40	1,47	1,76	2,72	2,78	1,59
20. Biscuits	0,73	-1,52	4,63	-0,21	-0,38	0,11
21. Boissons gazeuses	2,60	-0,48	-2,43	1,56	0,47	0,72
22. Distilleries	4,08	-3,41	-1,14	0,43	0,19	-0,67
23. Brasseries	2,18	-1,04	-3,27	1,54	0,53	0,01
24. Vin	3,48	-0,89	-2,28	0,81	-0,02	0,23

Tableau 3.A4 (suite)

	Croissance du stock de capital			Croissance de la qualité du capital		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
25. Tabac	1,41	-1,81	-2,28	0,39	0,27	-0,04
26. Caoutchouc	6,23	-1,35	-2,48	0,56	1,12	5,58
27. Plastiques	4,07	4,51	2,53	1,30	-0,08	0,06
28. Cuir	1,42	-0,41	-0,90	1,42	-0,49	-1,22
29. Fibres et filés	4,15	-2,20	-0,70	-0,01	-0,23	-0,30
30. Tricots	5,76	-1,45	3,03	0,77	-0,52	2,08
31. Textiles divers	5,96	1,42	-0,91	-0,08	-0,10	0,34
32. Tapis	8,28	-1,13	-2,00	0,46	-0,71	-1,95
33. Vêtement	4,89	2,06	1,83	0,09	-0,38	-0,04
34. Scieries	9,76	1,58	-1,66	0,73	-0,79	2,05
35. Plaqués	6,12	-2,22	0,19	1,44	-0,32	1,69
36. Châssis	2,52	0,74	-4,89	-0,67	0,45	1,42
37. Boîtes en bois	4,20	-0,50	3,79	1,18	-0,63	13,66
38. Autres, bois	6,22	5,28	-1,34	1,01	0,86	3,58
39. Meubles de maison	5,49	2,38	-5,06	-0,25	-0,79	0,63
40. Meubles de bureau	7,41	5,27	-11,77	-0,30	-0,23	5,67
41. Autres meubles	4,13	-0,25	-8,35	1,18	0,49	1,57
42. Pâtes	6,22	1,05	2,79	-0,20	-0,11	1,28
43. Papier toiture	1,64	1,41	1,06	0,97	0,57	-0,15
44. Boîtes de papier	4,80	0,93	1,15	0,39	-0,04	-1,76
45. Autres, papier	6,08	2,91	1,29	1,25	0,75	1,69
46. Imprimerie	3,35	1,54	0,10	0,10	0,39	-1,20
47. Clichés	1,88	0,98	8,54	-1,92	0,60	1,81
48. Acier primaire	4,05	-0,18	-4,72	0,67	1,50	-0,22
49. Tuyaux d'acier	-1,08	3,67	-13,44	-0,35	2,55	-0,77
50. Fer	3,36	-2,55	-1,24	0,46	1,14	0,96

Tableau 3.A4 (suite)

	Croissance du stock de capital			Croissance de la qualité du capital		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
51. Métaux non ferreux	2,95	0,99	4,67	-0,23	1,47	1,28
52. Aluminium	5,60	1,30	2,51	-0,73	-0,19	2,03
53. Cuivre	-2,02	-2,68	-4,81	0,66	0,99	-0,27
54. Autres laminages	2,94	1,66	-0,38	0,44	0,67	0,80
55. Chaudières	2,47	-2,83	-6,76	1,48	-0,22	0,43
56. Métal ornemental	3,42	0,94	-7,51	1,60	0,05	0,79
57. Métal embouti	5,27	1,55	-14,36	1,78	0,85	-0,37
58. Tréfilés	1,68	0,57	-11,26	0,55	-0,20	4,40
59. Ferronnerie	2,69	2,74	-2,53	0,80	-0,29	1,70
60. Chauffage	1,23	-1,22	-2,57	0,88	0,46	0,24
61. Usinage	4,48	-0,73	-3,19	0,96	-1,01	6,63
62. Autres métaux	3,74	-0,38	-8,91	0,88	0,09	1,26
63. Machines agricoles	4,63	-7,08	2,28	-1,93	3,98	1,19
64. Réfrigération	4,10	0,24	-4,06	0,70	1,10	0,18
65. Autres M et M	2,28	-0,08	2,86	0,60	0,70	0,94
66. Aéronefs	1,56	3,93	0,95	-1,92	-0,32	-0,12
67. Automobiles	2,34	3,48	-4,56	0,84	7,99	4,40
68. Camions	11,06	5,09	4,88	0,56	0,43	-5,26
69. Pièces d'automobile	7,47	2,03	0,24	1,64	1,25	-1,15
70. Chemins de fer	-0,90	5,02	2,02	-0,37	1,54	0,73
71. Construction navale	4,70	-1,12	7,06	-3,12	0,36	11,16
72. Transports divers	11,32	-2,99	11,67	-1,11	1,86	0,67
73. Petits appareils	0,51	-0,42	-22,00	2,25	0,60	5,02
74. Gros appareils	5,39	1,87	-3,85	0,10	0,06	0,93
75. Autres, électr.	2,89	-0,83	-2,89	0,79	0,29	0,09
76. Phonographes	3,88	-1,54	9,77	1,95	1,79	-7,99

Tableau 3.A4 (suite)

	Croissance du stock de capital			Croissance de la qualité du capital		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
77. Mat. de comm.	5,61	2,97	10,49	0,87	0,86	-2,87
78. Machines de bureau	6,63	8,43	1,93	0,27	4,21	-2,21
79. Fils et câbles	2,96	2,61	-1,15	-0,20	-1,06	-1,35
80. Céramique	-3,35	-0,35	-7,11	1,97	1,91	-1,82
81. Hydraulique	-1,11	1,24	-4,97	0,82	-0,07	-0,39
82. Béton	4,57	-6,34	-3,58	-0,22	0,00	0,62
83. Béton pré-mélangé	12,00	0,79	-3,51	2,24	1,11	-0,45
84. Verre	8,02	-1,27	-1,73	0,93	-0,35	-0,44
85. Divers, min. non mét.	1,93	1,36	-1,43	0,40	0,34	-0,33
86. Pét. raffiné et charbon	-3,74	-2,99	-2,40	7,22	4,35	-0,20
87. Autres ind. chimiques	5,25	3,23	-3,16	0,63	1,53	-0,15
88. Aut. prod. chimiques	3,62	1,06	-2,21	1,32	0,47	0,18
89. Plastiques et rés. syn.	1,48	1,23	-1,37	0,23	0,87	0,33
90. Médicaments	4,21	0,83	5,26	1,40	0,45	0,34
91. Peintures	3,66	-0,41	0,30	0,91	0,35	0,30
92. Savons	1,27	4,15	-1,62	2,86	0,87	0,91
93. Prod. toilette	0,67	3,16	-1,34	2,45	-0,04	-0,08
94. Tuiles	6,01	2,20	0,93	0,85	0,57	0,20
95. Bijouterie	10,12	-4,61	-14,41	-0,30	4,60	17,02
96. Mat. sport	7,16	0,05	3,17	-1,36	0,18	1,37
97. Enseignes	2,60	6,36	-1,66	0,23	0,40	0,10
98. Construction	-0,48	-0,13	-0,14	1,52	0,97	1,13
99. Transport aérien	5,27	3,40	8,06	0,00	0,36	0,04
100. Transport ferroviaire	-0,55	-0,32	-4,22	0,17	1,07	-0,36
101. Transport par eau	0,14	-0,74	-2,38	-0,50	0,01	-0,01
102. Camionnage	1,71	1,13	2,32	0,97	0,04	-0,33

Tableau 3.A4 (suite)

	Croissance du stock de capital			Croissance de la qualité du capital		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
103. Transport urbain	4,24	3,11	-0,88	0,75	1,20	1,56
104. Pipeline	3,99	-0,14	5,94	0,40	0,44	0,12
105. Entreposage	1,41	10,96	-5,22	0,73	-4,46	3,37
106. Radiodiffusion	5,22	5,09	6,01	2,26	0,45	1,70
107. Télécomm.	3,83	2,32	4,35	-0,30	0,35	0,19
108. Messagerie	4,28	3,53	-1,84	2,39	9,08	-0,61
109. Électricité	5,18	4,25	2,45	0,73	0,48	0,06
110. Gaz	3,99	3,81	2,78	0,52	0,61	0,29
111. Aqueducs	7,75	-0,83	9,79	-0,54	3,21	0,19
112. Commerce de gros	0,56	1,77	0,31	1,05	0,13	1,90
113. Commerce de détail	0,62	2,33	1,15	0,73	-0,17	3,66
114. Finances	4,99	3,16	1,01	1,55	3,85	0,10
115. Assurances	4,48	2,99	4,70	1,00	0,99	0,06
116. Serv. prof.	6,64	6,19	10,23	1,39	4,54	6,63
117. Éducation	2,82	2,72	5,39	6,43	10,99	1,71
118. Autres, santé	6,50	1,25	0,13	1,51	0,78	0,24
119. Hébergement	5,83	4,16	2,58	1,42	3,60	0,68
120. Films	5,24	2,89	3,68	2,83	5,00	0,38
121. Laveries	3,61	0,53	0,39	-1,46	-0,91	0,90
122. Mutuelles	-1,43	1,31	2,13	8,39	12,28	3,64
Moyenne	3,93	1,02	-0,75	0,78	0,93	0,85

Tableau 3.A5

Taux de croissance annuel des heures travaillées et de la qualité du travail (%)

	Croissance des heures travaillées			Croissance de la qualité du travail		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture	-3,38	-0,59	-0,37	0,38	0,55	0,41
2. Pêche	-2,94	4,53	-7,15	0,71	-0,07	0,65
3. Expl. forest.	-0,81	-1,09	0,19	0,54	0,12	-0,07
4. Or	-9,49	4,80	-0,14	0,57	0,54	-0,23
5. Autres mines	2,19	-3,31	-2,49	0,19	0,18	-0,09
6. Mines de fer	3,05	-4,89	-0,16	0,41	0,11	-0,06
7. Amiante	1,22	-7,04	-1,10	0,48	0,38	0,29
8. Mines non métal.	5,03	1,21	1,66	0,58	0,36	0,24
9. Sel	1,80	1,11	0,90	0,38	0,23	0,30
10. Charbon	-3,35	2,59	-0,91	0,79	0,34	-0,18
11. Pétrole brut et gaz	8,89	6,73	-1,81	0,06	0,28	0,52
12. Carrières	0,18	1,74	1,51	0,49	0,11	0,13
13. Autres extr. min.	4,45	6,53	1,64	0,18	0,33	0,08
14. Volaille	1,48	0,42	1,05	0,21	0,00	-0,02
15. Prod. du poisson	3,96	2,05	-4,83	0,05	0,00	0,13
16. Fruits	0,66	-0,78	0,27	0,06	0,21	0,61
17. Prod. laitiers	-1,62	-0,74	-2,32	0,42	0,08	0,37
18. Alim. animaux	0,82	0,65	0,09	0,35	0,36	0,32
19. Huile vég.	2,93	1,98	3,06	0,06	2,33	-0,25
20. Biscuits	-0,88	-1,89	-0,53	0,12	0,36	0,11
21. Boissons gazeuses	0,13	-1,28	-1,35	1,14	0,29	0,40
22. Distilleries	2,26	-3,22	-9,07	0,43	1,43	0,31
23. Brasseries	1,12	1,77	-3,13	0,18	0,30	0,63
24. Vin	5,79	0,94	-3,33	0,21	0,12	0,00

Tableau 3.A5 (suite)

	Croissance des heures travaillées			Croissance de la qualité du travail		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
25. Tabac	-1,44	-3,97	-2,59	0,80	0,60	0,78
26. Caoutchouc	3,46	0,35	-0,92	0,21	0,29	0,08
27. Plastiques	8,34	4,16	1,42	0,19	0,32	0,40
28. Cuir	-1,71	-2,63	-6,63	-0,08	0,07	0,42
29. Fibres et filés	-0,25	-4,49	-3,31	0,37	1,03	0,21
30. Tricots	3,00	-4,61	-0,89	0,36	0,96	0,61
31. Textiles divers	2,17	2,23	-2,57	0,22	0,40	0,52
32. Tapis	11,17	-1,25	-6,26	0,50	0,35	0,70
33. Vêtement	0,90	-0,54	-4,94	-0,01	-0,01	0,23
34. Scieries	2,38	-0,18	0,71	0,56	0,28	0,17
35. Plaqués	1,97	-3,22	-0,52	0,56	0,27	0,25
36. Châssis	3,58	3,67	-1,85	0,53	0,11	0,14
37. Boîtes en bois	0,73	-1,26	-2,41	0,56	0,42	0,30
38. Autres, bois	2,61	1,98	0,38	0,34	0,49	0,08
39. Meubles de maison	3,33	0,54	-4,75	0,24	0,25	0,10
40. Meubles de bureau	2,59	4,77	-0,51	0,25	-0,09	0,28
41. Autres meubles	2,97	2,32	-1,42	0,24	0,35	0,54
42. Pâtes	1,41	-0,22	-1,58	0,24	0,23	0,19
43. Papier toiture	-2,41	1,62	-6,70	0,76	0,25	1,02
44. Boîtes de papier	2,38	-0,70	0,03	0,50	0,39	0,45
45. Autres, papier	4,20	0,00	-1,22	0,39	0,38	0,40
46. Imprimerie	1,77	2,20	-0,65	0,23	0,04	0,33
47. Clichés	2,62	3,28	-2,52	-0,37	-0,11	0,43
48. Acier primaire	3,59	-0,56	-4,79	0,21	0,28	0,24
49. Tuyaux d'acier	3,97	0,80	-0,17	0,16	0,34	0,32
50. Fer	2,96	-2,17	-0,94	0,38	0,21	0,31

Tableau 3.A5 (suite)

	Croissance des heures travaillées			Croissance de la qualité du travail		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
51. Métaux non ferreux	0,36	-0,51	-2,16	0,42	0,17	0,14
52. Aluminium	2,02	-0,52	0,77	0,57	0,34	0,28
53. Cuivre	1,36	-2,11	-5,00	0,43	0,23	0,32
54. Autres laminages	5,07	2,19	-1,98	0,25	0,21	0,30
55. Chaudières	3,24	-0,47	-0,55	0,38	0,21	0,36
56. Métal ornemental	2,69	2,30	-5,90	0,23	0,07	0,46
57. Métal embouti	3,18	1,17	-1,78	0,29	0,27	0,36
58. Tréfilés	3,57	-1,43	-1,76	0,27	0,22	0,56
59. Ferronnerie	6,07	1,34	0,69	0,31	0,16	0,51
60. Chauffage	-0,82	2,07	-2,11	0,21	0,61	0,68
61. Usinage	2,52	4,81	1,49	0,35	0,20	0,24
62. Autres métaux	3,66	-1,74	0,08	0,30	0,34	0,46
63. Machines agricoles	2,73	-2,14	0,61	0,36	0,15	-0,15
64. Réfrigération	6,79	0,19	-2,45	0,53	0,44	0,31
65. Autres M et M	5,06	2,49	-0,44	0,30	0,17	0,33
66. Aéronefs	-0,82	3,89	-1,24	0,63	0,18	0,22
67. Automobiles	5,78	0,54	0,55	0,46	0,10	0,09
68. Camions	13,61	-0,73	-0,94	0,02	0,17	0,23
69. Pièces d'automobile	9,70	2,53	1,90	0,12	0,12	0,47
70. Chemins de fer	5,12	0,40	0,71	0,36	0,27	0,07
71. Construction navale	0,79	-2,01	-6,77	0,62	0,24	0,20
72. Transports divers	10,59	-0,82	-1,94	0,49	0,51	-0,18
73. Petits appareils	4,77	-3,07	-11,44	0,12	0,16	0,48
74. Gros appareils	1,21	-2,01	-5,54	0,27	0,17	0,36
75. Autres, électr.	3,40	-0,46	-5,49	0,08	0,21	0,53
76. Phonographes	1,86	-7,95	-15,37	-0,04	0,36	0,37

Tableau 3.A5 (suite)

	Croissance des heures travaillées			Croissance de la qualité du travail		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
77. Mat. de comm.	4,00	2,19	-0,71	0,17	0,32	0,66
78. Machines de bureau	2,52	3,34	-1,17	0,34	0,42	0,53
79. Fils et câbles	2,60	-1,16	-3,15	0,39	0,35	0,27
80. Céramique	-0,41	-3,10	-4,92	0,14	0,25	-0,26
81. Hydraulique	2,40	-2,54	-2,50	0,40	0,43	-0,08
82. Béton	1,74	-0,17	-3,46	0,49	0,23	0,38
83. Béton pré-mélangé	5,67	1,29	-2,00	0,46	0,18	0,07
84. Verre	2,37	0,20	-4,71	0,32	0,20	0,19
85. Div., min. non mét.	1,80	-0,18	-3,04	0,38	0,29	0,26
86. Pét. raff. et charbon	1,50	-0,74	-2,39	0,31	0,16	0,67
87. Aut. ind. chimiques	1,28	-0,17	-3,35	0,27	0,37	0,66
88. Aut. prod. chim.	1,84	0,87	0,22	0,26	0,38	0,66
89. Plast. et rés. syn.	1,64	2,29	2,22	0,39	0,51	0,49
90. Médicaments	3,36	1,59	1,06	0,30	0,19	0,48
91. Peintures	1,16	-0,26	-0,26	0,30	0,18	0,39
92. Savons	1,03	2,31	-2,37	0,33	0,20	0,36
93. Prod. toilette	4,63	3,28	-4,24	1,37	0,35	0,57
94. Tuiles	1,85	1,49	-1,69	0,28	0,21	0,67
95. Bijouterie	3,22	-0,63	-1,53	0,14	0,01	-0,08
96. Mat. sport	4,36	-0,23	2,44	0,23	0,25	0,31
97. Enseignes	2,43	4,03	-1,61	0,27	0,09	-0,01
98. Construction	2,21	1,40	-1,31	0,44	0,41	0,19
99. Transport aérien	6,01	2,81	0,95	0,59	0,18	0,52
100. Transp. ferroviaire	-1,93	-3,47	-2,44	0,40	0,17	0,08
101. Transport par eau	-1,18	-0,97	-3,71	0,42	0,18	-0,08
102. Camionnage	2,05	3,21	3,97	0,34	0,16	0,03

Tableau 3.A5 (suite)

	Croissance des heures travaillées			Croissance de la qualité du travail		
	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
103. Transport urbain	2,84	1,99	2,38	0,40	0,28	0,27
104. Pipeline	3,28	4,76	3,55	0,56	0,24	0,22
105. Entreposage	0,28	0,90	1,41	0,17	0,09	0,01
106. Radiodiffusion	4,02	4,82	-0,49	0,58	0,11	0,20
107. Télécomm.	2,85	1,50	-0,19	0,54	0,37	0,15
108. Messagerie	2,48	4,41	2,61	0,43	0,20	0,04
109. Électricité	2,85	3,01	1,24	0,59	0,38	0,33
110. Gaz	0,72	2,64	3,46	0,34	0,27	0,14
111. Aqueducs	5,40	5,52	3,90	0,49	0,15	0,04
112. Commerce de gros	4,64	1,81	1,55	0,33	0,14	0,42
113. Commerce de détail	2,34	2,56	0,30	0,30	0,10	0,06
114. Finances	5,97	4,18	-0,23	0,14	0,11	0,43
115. Assurances	0,89	0,42	1,96	-0,29	0,10	0,32
116. Serv. prof.	8,16	6,28	3,69	-0,58	0,53	0,60
117. Éducation	4,56	2,00	3,39	1,12	0,84	0,32
118. Autres, santé	8,02	6,17	3,87	-0,49	-1,21	-0,57
119. Hébergement	3,57	4,59	-1,02	0,56	0,14	0,16
120. Films	4,57	5,14	2,64	0,57	0,08	0,15
121. Laveries	-0,89	0,37	0,99	1,08	-0,14	0,45
122. Mutuelles	5,64	3,95	3,44	0,08	0,05	0,20
Moyenne	2,65	0,79	-1,24	0,35	0,27	0,28

Comparaison de la croissance de la productivité industrielle au Canada et aux États-Unis

4

Wulong Gu et Mun S. Ho

4.1 Introduction

L'OBJET DE LA PRÉSENTE ÉTUDE est de produire une comparaison internationale cohérente des profils de croissance dans l'industrie canadienne et dans l'industrie américaine. Même si beaucoup d'études comparatives ont été réalisées sur la productivité sectorielle[1] (productivité totale des facteurs) dans les deux pays, elles reposent souvent sur des notions qui ne sont pas parfaitement comparables. L'approche que nous avons adoptée ici est d'utiliser des méthodes et des définitions qui sont presque identiques pour les deux pays et, par conséquent, de présenter un tableau plus exact de leur performance relative au chapitre de la productivité.

Nous constatons qu'au cours de la période 1961-1973, les industries canadiennes ont été en mesure de hausser leurs niveaux de productivité pour les rapprocher de ceux observés aux États-Unis et qu'elles ont aussi enregistré un taux plus élevé de croissance de la production. Cependant, après 1973, la croissance de la production et de la productivité dans le secteur des entreprises a ralenti dans les deux pays. La croissance de la productivité du secteur des entreprises a été à peu près identique de part et d'autre de la frontière au cours de la période 1973-1995. En conséquence, l'écart de niveaux de productivité entre le secteur des entreprises privées au Canada et aux États-Unis est demeuré pratiquement inchangé après 1973.

Derrière la tendance générale de la croissance des industries canadiennes et américaines, on constate une variation importante d'un secteur industriel à l'autre. L'objectif premier de la présente étude est de mieux définir les profils de croissance de chacun des 33 secteurs industriels examinés dans les deux pays. Nous départageons la croissance de la production industrielle entre les contributions du capital, du travail, des intrants intermédiaires et de la croissance de la productivité. Nous constatons que la croissance des intrants a été la principale source de croissance de la production dans presque toutes les industries, au Canada et aux États-Unis, durant la période 1961-1995. La croissance de la productivité a fourni, en moyenne, seulement 20 p. 100 environ de

la croissance de la production industrielle dans les deux pays au cours de cette période.

La méthodologie que nous employons pour faire des comparaisons internationales de la croissance de la production, des intrants et de la productivité est fondée sur la théorie économique de la production. Nous utilisons des mesures du travail et du capital qui tiennent compte de l'évolution de la composition de la main-d'œuvre et des stocks de capital (des travailleurs relativement plus scolarisés et âgés et une proportion relativement plus élevée de matériel par rapport aux structures). Nous montrons que la hausse de la qualité[2] des intrants travail et capital joue un rôle significatif dans la croissance économique des deux pays.

L'étude est structurée de la façon suivante. À la section 4.2, nous présentons brièvement le cadre théorique employé pour faire des comparaisons internationales. À la section 4.3, nous présentons une brève analyse des données ayant servi à mesurer la production et les intrants industriels dans les deux pays. Nos résultats empiriques sur les profils de croissance au Canada et aux États-Unis sont résumés à la section 4.4. Enfin, nous présentons nos conclusions à la section 4.5.

4.2 Méthodologie

NOTRE MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION DE LA PRODUCTION est inspirée de celle de Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) et nous nous bornerons ici à résumer cette approche. On peut considérer la production comme étant la combinaison de différentes catégories de capital, de travail et d'intrants intermédiaires. Autrement dit, on peut exprimer la fonction de production sous la forme suivante :

$$(1) \qquad Q_{it} = f(K^i_{1t}, K^i_{2t}, \ldots, K^i_{pt}, L^i_{1t}, L^i_{2t}, \ldots, L^i_{qt}, X^i_{1t}, X^i_{2t}, \ldots, X^i_{rt}, t),$$

où Q_{it} est la quantité de production dans le secteur i au cours de la période t; K^i_{jt}, les diverses catégories de l'intrant capital (structures, matériel de haute technologie, matériel de faible technologie, etc.) et L^i_{jt} et M^i_{jt}, les diverses catégories de travail et d'intrants intermédiaires, respectivement. Le dernier argument, t, est un indice du niveau de technologie. Une telle approche permettrait, par exemple, aux travailleurs qualifiés et non qualifiés d'avoir des élasticités de substitution différentes pour différents types de capital matériel. Mais tout

aussi séduisante que soit cette approche, elle n'est pas pratique pour un grand nombre d'intrants et nous supposerons que la fonction de production peut être simplifiée de la façon suivante :

$$(2) \qquad Q_{it} = f(K_{it}, L_{it}, M_{it}, t),$$

avec

$$(3) \qquad K_{it}=k(K^i_{1t},K^i_{2t},...,K^i_{pt}),\ L_{it}=l(L^i_{1t},L^i_{2t},...,L^i_{qt})$$

et $$M_{it}=m(M^i_{1t},M^i_{2t},...,M^i_{rt}).$$

Les exigences associées à un tel processus d'agrégation sont bien connues et nous invitons le lecteur à consulter Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) pour plus de détails.

Nous supposons que la technologie est caractérisée par des rendements d'échelle constants et nous définissons le coût du capital (P^K_{it}) de façon telle que la valeur de la production est égale à la valeur de tous les intrants du point de vue du producteur. Cela diffère des modèles où l'on n'impose pas une telle égalité et où l'on calcule le coût du capital par d'autres méthodes (voir, par exemple, Hall, 1988). En désignant le prix de la production pour le producteur par P_{it}, nous avons :

$$(4) \qquad P_{it}Q_{it}=P^K_{it}K_{it}+P^L_{it}L_{it}+P^M_{it}M_{it},$$

où P^K_{it}, P^L_{it}, P^M_{it}, sont les prix des intrants agrégés respectifs. Ainsi, le terme représentant le travail correspond à la rémunération totale du travail versée par le producteur i, tel que :

$$(5) \qquad P^L_{it}L_{it}=P^{L_1}_{1t}L^i_{1t}+P^{L_2}_{2t}L^i_{2t}+...+P^{L_q}_{qt}L^i_{qt},$$

où P^L_{jt} est le prix de la catégorie de travail j.

Nous décrivons le processus d'agrégation (3) en détail ci-dessous. Pour l'instant, nous concentrons notre attention sur les contraintes de production décrites par les équations (2) et (4). Afin de construire un indice de la

productivité pour chaque secteur i, nous supposons que la fonction de production (2) peut être rédigée sous une forme translog neutre dans la perspective de Hicks[3] : $\ln Q_{it} = a(t) + f(\ln K_{it}, \ln L_{it}, \ln M_{it})$.

Plus précisément, l'indice translog du taux de croissance de la productivité est fourni par :

$$(6) \quad \ln \frac{A_{it}}{A_{it-1}} = \ln \frac{Q_{it}}{Q_{it-1}} - \bar{v}_{it}^{K} \ln \frac{K_{it}}{K_{it-1}} - \bar{v}_{it}^{L} \ln \frac{L_{it}}{L_{it-1}} - \bar{v}_{it}^{M} \ln \frac{M_{it}}{M_{it-1}},$$

où A_{it} est l'indice de la technologie dans le secteur I, tandis que les facteurs de pondération correspondent aux parts des intrants exprimées en valeur :

$$(7) \quad \bar{v}_{it}^{K} = \tfrac{1}{2}(v_{it}^{K} + v_{it-1}^{K}); \quad v_{it}^{K} = \frac{P_{it}^{K} K_{it}}{P_{it} Q_{it}};$$

$$\bar{v}_{it}^{L} = \tfrac{1}{2}(v_{it}^{L} + v_{it-1}^{L}); \quad v_{it}^{L} = \frac{P_{it}^{L} L_{it}}{P_{it} Q_{it}}; \text{ et}$$

$$\bar{v}_{it}^{M} = \tfrac{1}{2}(v_{it}^{M} + v_{it-1}^{M}); \quad v_{it}^{M} = \frac{P_{it}^{M} M_{it}}{P_{it} Q_{it}}.$$

Les avantages d'un indice chaîné semblable à l'équation (6) sur les indices à pondération fixe sont bien connus et nous n'élaborerons pas sur cet aspect ici. Nous tournons notre attention vers la construction des agrégats pour les intrants.

En construisant des agrégats pour le capital, le travail et les intrants intermédiaires, nous imposons des hypothèses de *séparabilité*, tel qu'évoqué dans les équations (2) et (3) ci-dessus. La construction d'agrégats pour l'intrant capital est examinée en détail à l'appendice E dans le cas du Canada et à l'appendice B dans le cas des États-Unis. La méthode employée pour l'intrant travail est présentée à l'appendice C pour les États-Unis et à l'appendice F pour le Canada et nous n'en résumerons que les principaux aspects.

L'indice de l'intrant capital pour chaque secteur est construit en cherchant à réaliser un arbitrage entre le besoin de détail et la commodité. Nous avons choisi de construire cet indice à l'aide de quatre éléments — les structures, le matériel, les terrains et les stocks. En commençant par les données sur l'investissement, nous utilisons la méthode de l'inventaire permanent pour

déterminer les divers stocks de capital, A^i_{jt}. Le stock de capital de type j créé à la fin de la période t-1 produit un flux de services du capital, K^i_{jt} à la période t. Nous supposons que la quantité de services est proportionnelle aux stocks :

$$(8) \qquad K^i_{jt} = q^K_j A^i_{jt-1}.$$

À noter que la constante de proportionnalité, q^K_j, est indépendante du temps, d'où l'expression « indice à qualité constante ». Ces flux de services des diverses catégories d'intrants liés au capital sont ensuite agrégés, en utilisant les coûts de location du capital, P^{Ki}_{jt}, tirés des données sur la valeur ajoutée sectorielle. Nous exprimons le flux total de l'intrant capital dans le secteur i par une fonction translog de ses composantes :

$$(9) \qquad \ln\frac{K_{it}}{K_{it-1}} = \sum_j 1/2(v^{Ki}_{jt} + v^{Ki}_{jt-1})\ln\frac{K^i_{jt}}{K^i_{jt-1}} = \sum_j 1/2(v^{Ki}_{jt} + v^{Ki}_{jt-1})\ln\frac{A^i_{jt}}{A^i_{jt-1}},$$

où les facteurs de pondération sont les parts, en valeur, de l'intrant capital total :

$$(10) \qquad v^{Ki}_{jt} = \frac{P^{Ki}_{jt}K^i_{jt}}{P^K_{it}K_{it}},\ (j = 1,2,...,p),$$

$$\text{et } P^K_{it}K_{it} = P^{Ki}_{1t}K^i_{1t} + P^{Ki}_{2t}K^i_{2t} + ... + P^{Ki}_{pt}K^i_{pt}.$$

Dans notre analyse, nous départageons la croissance des intrants liés au capital entre l'effet de l'accumulation du capital et l'effet de la substitution parmi différentes catégories d'éléments d'actif matériels. La contribution de la substitution entre les composantes du capital agrégé, que Jorgenson appelle l'indice de qualité de l'intrant capital, est mesurée ainsi :

$$(11) \qquad q^K_{it} = \frac{K_{it}}{A_{it-1}},$$

où le stock total de capital, A_{it}, du secteur i est défini comme étant la somme non pondérée des stocks individuels :

$$(12) \qquad A_{it} = \sum_j A^i_{jt}.$$

L'intrant travail est construit de façon semblable. Bien que l'on puisse soutenir que les diverses catégories de main-d'œuvre ne sont pas des substituts parfaits (par exemple les médecins et les ingénieurs), ce niveau de détail n'est manifestement pas pratique et nous avons choisi de répartir la population active selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi, comme on peut le voir aux tableaux 4.1 et 4.2. Nous faisons l'hypothèse que tous les travailleurs d'une catégorie donnée gagnent le même salaire et ont le même produit marginal. Comme dans l'équation (8) ci-dessus (pour les services du capital), nous supposons que le flux de services du travail provenant du groupe j est proportionnel au nombre d'heures travaillées annuellement par l'ensemble des travailleurs de ce groupe, soit $L^i_{jt} = q^L_j H^i_{jt}$, où j englobe toutes les cellules recoupées par les différentes catégories de travailleurs.

Tableau 4.1

Classification de la main-d'œuvre canadienne

Caractéristiques des travailleurs	Nombre de catégories	Catégories
Sexe	2	Hommes; femmes
Catégorie d'emploi	3	Employés rémunérés; employés autonomes; travailleurs familiaux non rémunérés
Âge	7	15-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Scolarité	4	0-8 ans, cours primaire; cours secondaire, partiel ou complété; cours postsecondaire, partiel ou complété; formation universitaire ou plus élevée.

Tableau 4.2

Classification de la main d'œuvre américaine

Caractéristiques des travailleurs	Nombre de catégories	Catégories
Sexe	2	Hommes; femmes
Catégorie d'emploi	2	Employés rémunérés; employés autonomes; travailleurs familiaux non rémunérés
Âge	7	16-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Scolarité	6	0-8 ans, cours primaire; 1-3 ans, cours secondaire; 4 ans, cours secondaire; 1-3 ans, cours collégial; 4 ans, cours collégial; 5 ans et plus, cours collégial.

Dans le cas du Canada, le nombre total de cellules dans chaque secteur, q, est égal à 168. L'intrant travail total dans le secteur i est alors l'agrégat translog englobant j :

$$(13) \quad \ln\frac{L_{it}}{L_{it-1}} = \sum_j 1/2(v_{jt}^{Li} + v_{jt-1}^{Li})\ln\frac{L_{jt}^i}{L_{jt-1}^i} = \sum_j 1/2(v_{jt}^{Li} + v_{jt-1}^{Li})\ln\frac{H_{jt}^i}{H_{jt-1}^i},$$

où les facteurs de pondération sont les parts exprimées en valeur :

$$v_{jt}^{Li} = \frac{P_{jt}^{Li}L_{jt}^i}{\sum_k P_{kt}^{Li}L_{kt}^i}, \quad (j = 1,2,...,q).$$

Nous souhaitons également décomposer l'augmentation de l'intrant travail en changements dans le nombre d'heures travaillées et en changements dans la composition de la main-d'œuvre. La mesure des changements touchant à la composition de la main-d'œuvre, que Jorgenson appelle aussi la qualité du travail, est donnée par la relation suivante :

$$(14) \quad q_{it}^L = \frac{L_{it}}{\sum_j H_{jt}^i}.$$

Enfin, l'agrégat des intrants intermédiaires est défini de façon semblable par une agrégation translog englobant les divers biens [4] :

$$(15) \quad \ln\frac{M_{it}}{M_{it-1}} = \sum_{j=1}^{r} 1/2(v_{jt}^{Mi} + v_{jt-1}^{Mi})\ln\frac{M_{jt}^i}{M_{jt-1}^i}.$$

4.3 Données

LE POINT DE DÉPART DE L'APPLICATION de la méthodologie décrite précédemment est le compte de la production de chaque industrie dans les deux pays (pour plus de détails, voir Jorgenson, Kuroda et Nishimizu, 1987). Cela comprend des données sur les indices de prix et de quantité de la production, des intrants liés au capital, des intrants liés au travail et des intrants intermédiaires (y compris l'énergie, les matières et les services) pour chaque industrie[5]. La valeur de la production dans l'équation (2) est définie dans la perspective

du producteur. Elle comprend les subventions mais exclut tous les impôts indirects sur la production ainsi que les marges de commerce et de transport associées à la livraison des produits aux autres secteurs.

De même, la valeur des intrants est définie dans la perspective du producteur-acheteur. La valeur des intrants liés au travail comprend tous les impôts perçus sur le travail et tous les coûts engagés dans l'embauche de la main-d'œuvre, par exemple les assurances et les autres avantages marginaux. La valeur des intrants liés au capital englobe tous les impôts perçus sur la propriété et l'utilisation du capital, par exemple les impôts fonciers et les impôts sur le revenu des sociétés. La valeur des intrants intermédiaires englobe toutes les taxes ainsi que les marges de commerce et de transport associées à la réception des intrants intermédiaires provenant d'autres secteurs.

4.3.1 Données sur les intrants intermédiaires

Dans le cas du Canada, le compte de la production d'une industrie est estimé à partir des tableaux entrées-sorties (E-S) annuels (voir Durand, 1998, pour plus de détails sur la transformation des tableaux entrées-sorties annuels aux fins de l'analyse de la productivité). Les comptes de la production ont été estimés pour 122 industries au Canada et 35 industries aux États-Unis. Les comptes de ces industries ont été consolidés en un ensemble commun de 33 industries qui constitue le secteur des entreprises privées aux fins de la présente étude[6].

Le compte de la production d'une industrie aux États-Unis représente une mise à jour et une modification de celui que l'on retrouve dans Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987). Les données E-S pour la période 1977-1995 proviennent du Bureau of Labor Statistics (BLS) des États-Unis et ont été reliées aux tableaux antérieurs à 1977, tels que décrits dans Jorgenson et Wilcoxen (1990)[7].

4.3.2 Données sur l'intrant travail

Pour chaque industrie des deux pays, les indices de prix et de quantité des intrants liés au travail sont mesurés en fonction de la rémunération de la main-d'œuvre et du nombre d'heures travaillées, désagrégés selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi[8]. Afin d'assurer la comparabilité des mesures de l'intrant travail entre le Canada et les États-Unis, nous employons un modèle de classification semblable pour la main-d'œuvre dans

les deux pays, comme on peut le voir aux tableaux 4.1 et 4.2. Nous avons ainsi sept groupes d'âges et quatre à six niveaux de scolarité[9]. En raison des différences dans les méthodes d'estimation de la rémunération, nous avons aussi réparti les travailleurs entre les employés, d'une part, et les employés autonomes ou les travailleurs familiaux non rémunérés, de l'autre[10], ce qui donne un total de 168 cellules.

Dans le cas des États-Unis, les données sont tirées du recensement décennal de la population, complétées par les données des enquêtes démographiques annuelles[11]. L'ensemble de données englobe le nombre de travailleurs, le nombre de semaines durant lesquelles ils ont travaillé au cours de l'année, le nombre moyen d'heures de travail par semaine et leur taux de rémunération, pour chaque cellule. Les taux de rémunération pour chaque cellule sont calculés de manière à ce que les totaux de chaque industrie correspondent à ceux des comptes du revenu national.

Dans le cas du Canada, les données sont tirées du recensement de la population, complétées par les données de l'Enquête sur les finances des consommateurs, réalisée annuellement, et celles de l'Enquête sur la population active, réalisée à intervalles mensuels. L'ensemble de données comprend le nombre d'heures travaillées et la rémunération de la main-d'œuvre pour chaque catégorie de travailleurs, ventilées selon le sexe, l'âge, la scolarité, la catégorie d'emploi et l'industrie. Les estimations du nombre d'heures travaillées et de la rémunération de la main-d'œuvre, pour chaque industrie, sont rajustées à l'aide des mesures officielles du nombre d'heures travaillées et de la rémunération produites par Statistique Canada.

4.3.3 Données sur l'intrant capital

Pour appliquer l'équation (9) à l'intrant capital, des données sur la rémunération des biens et les stocks de capital sont nécessaires. Tant pour le Canada que pour les États-Unis, les stocks de capital des industries sont agrégés à partir de quatre catégories d'actif — les structures non résidentielles, les machines et le matériel, les terrains et les stocks[12]. Pour assurer la comparabilité, les deux catégories de « structures » (les constructions et le génie) dans les données canadiennes ont été additionnées pour ne former qu'une seule catégorie d'actif, tandis que les 56 catégories de matériel de production durable qui figurent dans les données américaines ont été additionnées pour former la catégorie « machines et matériel ».

Le stock de capital des États-Unis a été estimé à partir des données sur l'investissement à l'aide d'une méthode d'amortissement géométrique. Ces estimations pour les États-Unis sont fondées sur un taux dégressif de 1,65 pour la plupart des machines et du matériel et un taux dégressif de 0,9 pour la plupart des structures non résidentielles. Les données sur le stock de capital publiées par Statistique Canada sont fondées sur une méthode d'amortissement dégressif à taux double modifiée, pour ce qui est tant des machines et du matériel que des structures. Afin d'assurer la comparabilité des estimations du stock de capital entre le Canada et les États-Unis, nous avons obtenu un autre ensemble d'estimations du stock de capital auprès de la Division de l'investissement et du stock de capital, de Statistique Canada (voir l'appendice G). Ces différentes estimations des stocks de capital ont été calculées à l'aide des mêmes formules d'amortissement dégressif à taux double que celles employées aux États-Unis. Ces estimations sous-tendent notre analyse des profils de croissance des industries canadiennes et américaines. Cependant, aux fins de la comparaison, nous présentons aussi les résultats obtenus avec les stocks de capital employés dans les estimations de la productivité de Statistique Canada, qui figurent à l'annexe B du présent chapitre.

Le coût du capital pour chaque élément d'actif est tiré des données sur la valeur ajoutée sectorielle, à l'aide d'une équation qui englobe les impôts et les taux de rendement. Étant donné les stocks décrits précédemment, le terme P_{jt}^{Ki} de l'équation (9) est proportionné de manière que la valeur totale des intrants liés au capital pour le secteur i soit égale à la valeur ajoutée sectorielle du capital dans les comptes du revenu national aux États-Unis et dans la base de données KLEMS au Canada[13].

4.4 Croissance de la production et croissance de la productivité

AVANT D'EXAMINER LES RÉSULTATS, nous devons souligner que nous comparons ici des taux de croissance. La comparaison des différences *absolues* de productivité entre les deux pays est présentée au chapitre 5. Compte tenu du fait que le Canada avait une productivité absolue inférieure au début de la période étudiée, une croissance plus rapide au Canada signifie que celui-ci referme l'écart de productivité qui le sépare des États-Unis.

4.4.1 Secteur des entreprises privées

Afin de donner un aperçu général de l'économie, nous examinerons d'abord le secteur des entreprises dans son ensemble pour passer, dans la section suivante, à l'examen des estimations sectorielles. À cette fin, nous employons une approche semblable à celle de Jorgenson et Stiroh (1999), qui exprime la valeur ajoutée totale comme fonction du capital, du travail et de la technologie. Au tableau 4.3, nous décomposons la croissance de la valeur ajoutée dans le secteur des entreprises privées entre les contributions attribuables à la quantité et à la qualité du capital, à la quantité et à la qualité du travail, ainsi qu'à la croissance de la productivité. La production dans le secteur des entreprises privées a augmenté plus rapidement au Canada qu'aux États-Unis avant 1988. Pour la période plus récente, soit 1988-1995, la croissance annuelle de la production a été plus lente au Canada : 1,5 p. 100 contre 2,2 p. 100 aux États-Unis. Le principal facteur ayant contribué à la croissance est l'augmentation des intrants capital et travail dans les deux pays, la croissance de la productivité n'intervenant que pour moins du tiers de la croissance. Sur l'ensemble de la période, la croissance de l'intrant capital a fait une contribution de 1,1 p. 100 au taux de croissance de la production de 3,7 p. 100 au Canada, le travail y a contribué pour 1,4 p. 100, tandis que la croissance de la productivité a fourni le reste, soit 1,2 p. 100. La contribution de 1,1 p. 100 de l'intrant capital peut elle-même être décomposée en une contribution de 0,9 p. 100 attribuable à l'accumulation du capital et de 0,2 p. 100 attribuable au changement de qualité. De même, la contribution de 1,4 p. 100 de l'intrant travail est constituée d'une contribution de 1,1 p. 100 provenant de l'augmentation du nombre d'heures travaillées et d'une contribution de 0,3 p. 100 imputable à l'amélioration de la qualité. Aux États-Unis, le taux de croissance de la production de 3,1 p. 100 peut être ventilé en contributions de 1,0, 1,4 et 0,8 p. 100, respectivement, pour le capital, le travail et la productivité. On peut donc voir que les gains de qualité au niveau du travail sont à peu près d'importance égale dans les deux pays, tandis que la croissance de la qualité du capital est plus élevée aux États-Unis.

La croissance de la productivité a ralenti après 1973 dans les deux pays, mais la baisse a été plus prononcée au Canada. Avant 1973, la croissance annuelle de la productivité dans le secteur des entreprises au Canada était de 2,5 p. 100, ce qui était plus élevé que le taux de 1,6 p. 100 enregistré aux États-Unis. Après 1973, la croissance de la productivité a été comparable dans les deux pays. De 1988 à 1995, la productivité a crû à peu près au même rythme dans les deux pays, soit 0,1 p. 100 par année.

Tableau 4.3

Sources de croissance de la production dans le secteur des entreprises privées au Canada et aux États-Unis (croissance annuelle moyenne en pourcentage)

	Canada			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Valeur ajoutée	3,71	5,56	3,27	1,48
Contribution du stock de capital	0,96	1,05	1,05	0,60
Contribution de la qualité du capital	0,18	0,24	0,16	0,13
Contribution des heures travaillées	1,07	1,29	1,30	0,22
Contribution de la qualité du travail	0,33	0,47	0,19	0,38
Croissance de la productivité	1,17	2,51	0,57	0,15
	États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Valeur ajoutée	3,14	4,41	2,57	2,18
Contribution du stock de capital	0,62	0,68	0,65	0,44
Contribution de la qualité du capital	0,33	0,51	0,28	0,13
Contribution des heures travaillées	1,08	1,08	1,06	1,10
Contribution de la qualité du travail	0,36	0,50	0,24	0,39
Croissance de la productivité	0,75	1,64	0,34	0,12

4.4.2 Comparaison entre 33 industries

Nous passons maintenant à la performance sectorielle, mesurée à l'aide de la méthodologie décrite à la section 4.2. Le tableau 4.4 fait voir les taux annuels moyens de croissance de la production brute dans les industries canadiennes et américaines pour la période 1961-1995 et les sous-périodes 1961-1973, 1973-1988 et 1988-1995[14]. Le tableau montre aussi la moyenne non pondérée des 33 industries. Avant 1988, le taux moyen de croissance de la production au Canada était supérieur à celui des États-Unis dans presque toutes les industries, notamment dans l'industrie minière et dans celle des véhicules. Après 1988, la croissance de la production au Canada a été plus lente qu'aux États-Unis dans 21 industries sur 33.

Aux tableaux 4.5 et 4.6, la croissance de la production sectorielle est répartie entre la croissance de tous les intrants et la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF). Conformément à la croissance plus élevée de la production, les taux de croissance annuels des intrants au Canada ont été supérieurs à ceux observés aux États-Unis dans 28 des 33 industries sur la période 1961-1973, et dans 29 des 33 industries au cours de la période 1973-1988. Pour la période 1988-1995, les taux de croissance des intrants ont été pratiquement identiques dans les deux pays. Une comparaison de ces deux tableaux montre que la principale source de croissance de la production dans la plupart des industries a été la croissance du capital, du travail et des intrants intermédiaires, la croissance de la PTF n'ayant fourni qu'environ le cinquième de la croissance globale dans les deux pays. Pour la période la plus récente (1988-1995), les contributions du capital, du travail et des intrants intermédiaires ont été les principales sources de croissance de la production dans 19 industries sur 33 au Canada et dans 21 industries sur 33 aux États-Unis.

Au tableau 4.6, nous pouvons voir que la plupart des industries ont connu un ralentissement de la croissance de la productivité après 1973, tel qu'indiqué précédemment pour l'ensemble du secteur des entreprises privées dans les deux pays. Avant 1973, la croissance de la productivité dans la plupart des industries canadiennes dépassait celle des industries américaines correspondantes ; les industries suivantes faisaient exception : aliments, tabac, papier, imprimerie, produits chimiques, raffinage du pétrole, autre matériel de transport, FAI (finances, assurances et immobilier) et autres services. Après 1973, la productivité dans les industries canadiennes a crû à un taux semblable à celui des industries américaines. Pour la période la plus récente (1988-1995), 13 industries canadiennes sur 33 ont enregistré un taux de croissance de la PTF supérieur à celui de leur rivale américaine, notamment dans les industries des FAI, des communications, du matériel de transport, des produits chimiques, du bois d'œuvre et du bois brut, du pétrole brut et du gaz.

Tableau 4.4

Croissance de la production au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	3,21	3,25	3,80	1,90	1,60	1,78	0,99	2,57
2. Mines métalliques	2,09	4,26	1,33	0,01	0,34	1,68	-2,73	4,62
3. Mines de charbon	5,46	5,96	7,79	-0,39	2,75	3,20	3,13	1,14
4. Pétrole brut et gaz	4,67	10,50	0,41	3,78	0,29	2,48	-0,39	-2,02
5. Mines non métalliques	3,19	6,84	2,21	-1,00	1,38	3,49	-0,05	0,80
6. Construction	2,31	4,09	2,76	-1,69	1,18	2,57	0,79	-0,38
7. Aliments	2,05	3,39	1,63	0,63	2,17	2,63	1,99	1,76
8. Tabac	0,15	2,18	-1,10	-0,65	0,05	0,85	-0,64	0,16
9. Textiles	2,59	6,04	1,60	-1,20	2,27	3,88	1,48	1,22
10. Vêtement	1,96	4,82	1,43	-1,80	2,06	4,22	0,55	1,60
11. Bois d'œuvre et bois brut	3,36	4,87	3,13	1,26	2,40	4,64	1,73	-0,01
12. Meubles	3,18	6,88	2,24	-1,17	3,08	5,41	1,76	1,91
13. Papier	2,77	4,68	1,85	1,46	2,76	4,68	1,96	1,21
14. Imprimerie	2,57	3,86	3,83	-2,35	2,46	3,26	3,01	-0,10
15. Produits chimiques	4,32	6,37	3,98	1,52	3,32	6,54	1,58	1,52
16. Raffinage du pétrole	2,40	6,18	-0,12	1,32	2,19	3,63	1,93	0,26
17. Caoutchouc et plastiques	5,98	10,10	4,07	3,02	5,05	8,59	2,67	4,10
18. Cuir	-1,23	0,88	-0,60	-6,18	-2,13	-0,51	-2,84	-3,36
19. Pierre, argile et verre	2,02	6,10	1,05	-2,89	1,59	3,80	0,33	0,48
20. Métaux primaires	2,67	5,18	1,31	1,28	0,74	4,15	-2,12	1,01
21. Métaux ouvrés	2,86	6,80	1,55	-1,08	2,21	4,90	0,31	1,66
22. Machines non électriques	5,81	7,87	3,32	7,64	4,79	6,14	3,19	5,91

Tableau 4.4 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	4,55	7,26	2,97	3,26	5,10	6,88	3,27	5,97
24. Véhicules automobiles	7,68	13,69	4,18	4,87	3,49	6,55	1,18	3,21
25. Autre matériel de transport	3,18	4,23	2,45	2,94	1,42	2,75	2,48	-3,13
26. Fabrication diverse	3,06	5,95	2,05	0,28	3,61	5,34	3,50	0,86
27. Transports et entreposage	3,96	6,01	3,35	1,75	3,26	4,60	2,10	3,44
28. Communications	7,25	8,68	7,38	4,52	5,01	6,05	5,02	3,21
29. Services publics d'électricité	5,32	8,45	4,56	1,56	3,55	5,92	2,73	1,26
30. Services publics de gaz	4,60	8,23	3,20	1,39	0,02	4,61	-2,44	-2,60
31. Commerce	4,34	5,76	4,14	2,35	3,64	4,76	2,86	3,40
32. Finances, assurances et immobilier	4,37	5,21	4,22	3,26	3,44	4,15	3,83	1,39
33. Autres services	4,61	5,43	4,92	2,54	4,43	6,30	3,53	3,16
Moyenne	3,55	6,06	2,75	0,97	2,41	4,24	1,42	1,40

Tableau 4.5

Croissance des intrants au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	2,14	2,11	2,86	0,63	0,38	1,63	-0,54	0,20
2. Mines métalliques	2,64	4,93	1,53	1,10	-0,51	2,96	-3,51	-0,03
3. Mines de charbon	3,01	3,14	4,84	-1,12	1,52	3,73	1,96	-3,24
4. Pétrole brut et gaz	6,12	8,02	6,68	1,69	1,27	1,65	2,66	-2,37
5. Mines non métalliques	2,56	5,12	1,82	-0,23	1,02	2,42	-0,20	1,21
6. Construction	2,10	4,16	2,06	-1,37	1,84	3,18	1,29	0,72
7. Aliments	1,85	2,83	1,72	0,43	1,42	1,96	1,02	1,38
8. Tabac	-0,37	1,50	-1,73	-0,66	0,01	-0,57	0,41	0,17
9. Textiles	1,39	4,48	0,42	-1,83	0,76	3,35	-0,92	-0,08
10. Vêtement	1,07	3,89	0,52	-2,59	0,97	3,42	-0,88	0,75
11. Bois d'œuvre et bois brut	2,74	4,09	2,02	1,94	2,48	4,95	0,69	2,09
12. Meubles	2,58	5,14	2,77	-2,22	2,37	4,79	0,84	1,51
13. Papier	2,74	4,49	1,88	1,55	2,47	3,84	1,73	1,72
14. Imprimerie	2,56	3,38	3,33	-0,47	2,54	2,74	3,18	0,79
15. Produits chimiques	3,32	4,94	3,31	0,58	2,70	4,87	1,66	1,22
16. Raffinage du pétrole	2,09	5,57	-0,24	1,11	1,30	2,42	0,63	0,80
17. Caoutchouc et plastiques	4,84	7,96	3,58	2,19	3,92	6,98	1,81	3,18
18. Cuir	-1,81	0,26	-1,64	-5,73	-2,23	0,11	-3,65	-3,20
19. Pierre, argile et verre	1,48	4,27	0,97	-2,21	1,08	3,26	-0,15	-0,01
20. Métaux primaires	2,23	4,50	1,12	0,71	0,48	3,97	-2,28	0,41
21. Métaux ouvrés	2,17	5,60	1,19	-1,59	1,62	4,07	-0,13	1,14
22. Machines non électriques	4,80	6,37	2,94	6,11	3,09	5,36	1,23	3,17

Tableau 4.5 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	3,30	5,22	2,08	2,64	3,11	5,15	1,49	3,08
24. Véhicules automobiles	6,39	11,15	3,47	4,51	3,31	6,01	1,19	3,22
25. Autre matériel de transport	2,79	3,77	2,63	1,43	0,93	1,96	2,00	-3,14
26. Fabrication diverse	2,41	4,59	1,92	-0,30	2,45	3,82	2,23	0,56
27. Transports et entreposage	2,76	3,28	2,57	2,29	2,23	2,66	1,56	2,94
28. Communications	3,90	4,27	3,99	3,06	4,37	5,34	4,48	2,50
29. Services publics d'électricité	4,96	5,87	4,68	4,01	2,61	3,66	3,02	-0,05
30. Services publics de gaz	4,11	3,93	4,31	3,99	0,56	3,88	-0,72	-2,38
31. Commerce	3,00	3,71	2,79	2,21	3,00	4,01	2,47	2,40
32. Finances, assurances et immobilier	5,14	6,23	5,74	2,01	3,72	4,26	3,85	2,51
33. Autres services	5,01	5,26	5,55	3,45	4,93	5,74	4,70	4,02
Moyenne	2,91	4,67	2,48	0,83	1,87	3,56	1,00	0,82

Tableau 4.6

Croissance de la productivité au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	1,08	1,14	0,94	1,27	1,22	0,16	1,53	2,37
2. Mines métalliques	-0,55	-0,68	-0,19	-1,09	0,85	-1,29	0,77	4,66
3. Mines de charbon	2,45	2,83	2,94	0,73	1,23	-0,53	1,17	4,38
4. Pétrole brut et gaz	-1,46	2,48	-6,26	2,09	-0,98	0,83	-3,05	0,35
5. Mines non métalliques	0,63	1,73	0,40	-0,77	0,36	1,07	0,15	-0,41
6. Construction	0,22	-0,07	0,69	-0,32	-0,66	-0,61	-0,50	-1,10
7. Aliments	0,20	0,56	-0,08	0,20	0,74	0,67	0,97	0,39
8. Tabac	0,52	0,68	0,63	0,01	0,04	1,42	-1,04	-0,01
9. Textiles	1,20	1,56	1,18	0,63	1,51	0,53	2,40	1,29
10. Vêtement	0,89	0,92	0,91	0,79	1,08	0,80	1,43	0,84
11. Bois d'œuvre et bois brut	0,62	0,77	1,10	-0,68	-0,08	-0,31	1,04	-2,10
12. Meubles	0,60	1,74	-0,53	1,05	0,71	0,62	0,92	0,40
13. Papier	0,03	0,19	-0,03	-0,09	0,29	0,84	0,23	-0,51
14. Imprimerie	0,01	0,49	0,51	-1,87	-0,08	0,52	-0,17	-0,90
15. Produits chimiques	0,99	1,43	0,67	0,94	0,62	1,68	-0,08	0,31
16. Raffinage du pétrole	0,32	0,62	0,12	0,22	0,89	1,22	1,30	-0,54
17. Caoutchouc et plastiques	1,14	2,13	0,49	0,83	1,14	1,60	0,86	0,92
18. Cuir	0,59	0,62	1,05	-0,45	0,11	-0,63	0,81	-0,16
19. Pierre, argile et verre	0,54	1,83	0,08	-0,69	0,50	0,54	0,48	0,49
20. Métaux primaires	0,44	0,68	0,19	0,57	0,26	0,18	0,16	0,60
21. Métaux ouvrés	0,69	1,20	0,36	0,51	0,59	0,83	0,44	0,52
22. Machines non électriques	1,01	1,50	0,38	1,53	1,70	0,77	1,96	2,75

Tableau 4.6 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	1,24	2,05	0,89	0,62	1,99	1,73	1,79	2,89
24. Véhicules automobiles	1,28	2,54	0,71	0,37	0,18	0,55	-0,01	-0,02
25. Autre matériel de transport	0,39	0,46	-0,18	1,52	0,49	0,80	0,48	0,01
26. Fabrication diverse	0,66	1,36	0,13	0,58	1,16	1,52	1,27	0,30
27. Transports et entreposage	1,19	2,73	0,78	-0,54	1,02	1,93	0,54	0,50
28. Communications	3,35	4,41	3,39	1,46	0,64	0,71	0,54	0,71
29. Services publics d'électricité	0,36	2,58	-0,11	-2,44	0,94	2,26	-0,29	1,31
30. Services publics de gaz	0,49	4,30	-1,11	-2,60	-0,54	0,73	-1,72	-0,22
31. Commerce	1,35	2,05	1,35	0,14	0,64	0,75	0,39	1,00
32. Finances, assurances et immobilier	-0,77	-1,02	-1,51	1,24	-0,28	-0,11	-0,03	-1,11
33. Autres services	-0,40	0,18	-0,63	-0,91	-0,50	0,57	-1,18	-0,86
Moyenne	0,65	1,39	0,28	0,15	0,54	0,68	0,41	0,58

Aux tableaux 4.7 à 4.9, nous présentons des données distinctes sur la croissance du capital, du travail et des intrants intermédiaires. Un aspect intéressant de la croissance économique au Canada a été les taux de croissance élevés des intrants intermédiaires dans presque toutes les industries durant les deux premières périodes, soit 1961-1973 et 1973-1988. Les taux de croissance des intrants intermédiaires ont été plus élevés dans 29 industries canadiennes au cours des deux premières périodes et dans 15 industries canadiennes au cours de la période la plus récente, soit 1988-1995. Dans les deux pays, on a observé un ralentissement continu de la croissance du capital, du travail et des intrants intermédiaires dans la plupart des industries depuis 1961. Ainsi, la croissance de l'intrant capital au Canada a fléchi dans 28 industries entre 1961-1973 et 1973-1988, et dans 24 industries entre 1973-1988 et 1988-1995. Aux États-Unis, la croissance de l'intrant capital a fléchi dans 24 industries entre 1961-1973 et 1973-1988, et dans 29 industries entre 1973-1988 et 1988-1995. Ce ralentissement persistent de la croissance de l'intrant capital s'est produit en dépit de la croissance rapide des investissements en biens de haute technologie comme les ordinateurs (Ho, Jorgenson et Stiroh, 1999).

Rappelons que, dans les équations (11) et (14), nous avons réparti la croissance des intrants entre la croissance de la quantité et la croissance de la qualité (changement de composition). Le tableau 4.10 montre les résultats pour la croissance de la qualité du capital dans les deux pays. La qualité du capital a augmenté dans presque toutes les industries, au Canada comme aux États-Unis, durant les trois périodes. Les taux de croissance de la qualité du capital au Canada ont été plus élevés dans 10 industries au cours de la période 1961 à 1973 et dans 13 industries au cours de la période subséquente, soit 1973-1988. Au cours de la période 1988-1995, 20 industries canadiennes sur 33 affichaient des taux de croissance de la qualité du capital plus élevés, principalement en raison d'une substitution plus rapide vers les machines et le matériel dans la composition des stocks de capital au Canada. Un examen plus attentif des données révèle que les secteurs canadiens qui ont enregistré des taux de croissance sensiblement plus élevés de la qualité du capital durant la période 1988-1995 englobaient le bois d'œuvre et le bois brut, l'ameublement, le caoutchouc et les plastiques, les véhicules automobiles, le commerce et les autres services. Aux États-Unis, les secteurs qui ont enregistré des taux de croissance plus élevés sont notamment l'agriculture, l'exploitation forestière et la pêche, les machines électriques et les FAI.

Le tableau 4.11 montre les taux de croissance annuels moyens de la qualité du travail dans les industries canadiennes et américaines. Sur l'ensemble de la période, la qualité du travail a augmenté dans toutes les industries au Canada et aux États-Unis. Les taux de croissance de la qualité du travail au Canada ont été moins élevés dans 19 industries au cours de la période 1961-1973, et dans 22 industries au cours de la période 1973-1988. Pour la période la plus récente (1988-1995), la croissance de la qualité du travail a été moins élevée au Canada dans presque toutes les industries, sauf celles du pétrole brut et du gaz, du raffinage du pétrole, du transport et de l'entreposage et des autres services. Les secteurs qui accusent les écarts les plus importants au niveau de la croissance de la qualité du travail sont les FAI, les communications, le cuir, le bois d'œuvre et le bois brut, le vêtement et les mines de charbon, bien que les différences soient ici modestes en comparaison de celles observées pour la croissance de la qualité du capital.

Tableau 4.7

Croissance de l'intrant capital au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	1,45	4,51	1,12	-3,07	1,73	1,92	1,14	2,66
2. Mines métalliques	2,95	5,35	2,36	0,08	3,00	7,37	1,74	-1,82
3. Mines de charbon	5,33	10,90	5,00	-3,53	4,13	4,15	6,65	-1,32
4. Pétrole brut et gaz	5,77	7,75	6,29	1,25	2,23	2,69	4,75	-3,94
5. Mines non métalliques	2,85	5,54	2,43	-0,86	3,07	4,95	2,14	1,85
6. Construction	1,55	1,48	1,44	1,93	1,31	3,34	1,56	-2,73
7. Aliments	2,30	4,07	1,57	0,81	3,12	4,20	3,46	0,54
8. Tabac	0,17	2,28	-0,74	-1,50	2,49	0,03	5,17	0,94
9. Textiles	1,05	4,20	-0,78	-0,42	2,94	3,29	3,38	1,41
10. Vêtement	2,08	3,93	0,79	1,70	4,81	8,21	3,07	2,69
11. Bois d'œuvre et bois brut	2,35	4,82	1,33	0,29	2,30	2,86	2,96	-0,08
12. Meubles	1,70	4,03	1,65	-2,19	5,01	7,63	4,53	1,53
13. Papier	3,69	5,93	1,90	3,70	4,34	4,24	4,99	3,11
14. Imprimerie	2,59	3,39	2,26	1,93	4,56	4,57	5,29	2,99
15. Produits chimiques	3,81	5,34	4,31	0,12	4,40	6,69	4,28	0,74
16. Raffinage du pétrole	2,98	3,92	3,41	0,47	2,50	3,29	1,42	3,46
17. Caoutchouc et plastiques	3,87	6,15	2,45	3,02	5,27	6,36	5,48	2,96
18. Cuir	0,45	2,45	-0,51	-0,90	0,36	1,09	0,89	-2,00
19. Pierre, argile et verre	1,40	3,63	0,87	-1,26	2,19	2,87	3,65	-2,07
20. Métaux primaires	2,89	4,58	2,10	1,70	1,89	2,75	2,44	-0,76
21. Métaux ouvrés	0,92	4,38	0,72	-4,56	3,18	5,17	3,27	-0,39
22. Machines non électriques	2,49	3,87	1,29	2,68	4,75	5,69	5,40	1,74

Tableau 4.7 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	3,11	4,47	2,08	2,99	6,39	9,99	5,51	2,12
24. Véhicules automobiles	4,75	5,00	5,48	2,75	3,04	5,21	2,35	0,78
25. Autre matériel de transport	2,42	1,85	2,93	2,32	4,60	6,06	5,20	0,83
26. Fabrication diverse	3,44	6,21	1,99	1,80	4,91	5,43	5,33	3,13
27. Transports et entreposage	1,99	1,86	2,22	1,73	0,71	1,00	0,80	0,02
28. Communications	3,91	4,11	3,56	4,34	4,88	7,51	3,91	2,46
29. Services publics d'électricité	5,26	6,24	5,39	3,32	1,84	1,71	3,80	-2,16
30. Services publics de gaz	4,79	5,16	4,96	3,79	3,55	3,77	3,16	4,01
31. Commerce	2,34	2,23	2,18	2,87	4,62	5,95	4,22	3,19
32. Finances, assurances et immobilier	5,81	6,41	6,82	2,59	3,61	4,66	3,46	2,16
33. Autres services	6,62	6,06	7,43	5,86	5,10	7,22	3,78	4,27
Moyenne	3,00	4,61	2,61	1,08	3,42	4,60	3,61	0,98

Tableau 4.8

Croissance de l'intrant travail au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	-0,98	-2,95	0,38	-0,51	-1,09	-2,08	-1,03	0,48
2. Mines métalliques	0,78	1,23	0,76	0,07	-0,72	0,94	-2,80	0,91
3. Mines de charbon	0,16	-2,57	2,94	-1,09	-0,16	2,04	-0,54	-3,13
4. Pétrole brut et gaz	5,99	8,96	7,01	-1,29	0,67	-1,08	3,54	-2,50
5. Mines non métalliques	1,11	2,21	0,03	1,55	0,47	0,54	0,14	1,05
6. Construction	1,50	2,65	1,81	-1,12	2,36	2,90	2,08	2,04
7. Aliments	0,24	0,81	0,19	-0,62	0,06	0,08	-0,55	1,37
8. Tabac	-2,09	-0,63	-3,37	-1,82	-1,21	0,22	-1,66	-2,69
9. Textiles	-0,45	1,43	-0,86	-2,82	-0,74	1,21	-2,43	-0,48
10. Vêtement	-0,89	1,00	-0,69	-4,56	0,01	1,92	-1,20	-0,67
11. Bois d'œuvre et bois brut	0,62	1,51	0,19	0,01	1,26	2,44	0,14	1,65
12. Meubles	1,51	3,33	1,90	-2,46	1,42	3,30	0,33	0,52
13. Papier	0,58	2,11	0,03	-0,88	0,95	1,77	0,18	1,19
14. Imprimerie	1,64	2,04	2,33	-0,54	2,18	0,70	3,98	0,88
15. Produits chimiques	1,29	2,22	1,25	-0,22	1,22	1,63	1,03	0,91
16. Raffinage du pétrole	0,03	1,80	-0,58	-1,72	-0,69	-0,38	-0,86	-0,87
17. Caoutchouc et plastiques	3,44	5,65	2,83	0,96	2,84	5,55	0,71	2,76
18. Cuir	-3,04	-1,79	-2,55	-6,21	-3,03	-0,35	-5,32	-2,69
19. Pierre, argile et verre	0,27	2,60	-0,02	-3,11	0,36	2,05	-0,95	0,30
20. Métaux primaires	0,27	2,72	-0,30	-2,69	-0,70	1,97	-3,02	-0,32
21. Métaux ouvrés	1,38	3,92	0,43	-0,94	0,81	2,50	-0,75	1,25
22. Machines non électriques	2,58	4,13	2,51	0,09	1,44	3,32	0,26	0,77

Tableau 4.8 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	0,78	3,37	0,24	-2,53	1,35	2,76	0,92	-0,15
24. Véhicules automobiles	4,03	8,56	1,53	1,60	1,72	3,57	-0,32	2,90
25. Autre matériel de transport	1,09	1,80	1,78	-1,61	0,05	0,42	1,88	-4,49
26. Fabrication diverse	1,46	2,67	1,42	-0,53	1,42	2,61	1,60	-1,00
27. Transports et entreposage	1,95	1,50	1,98	2,65	1,48	1,20	0,82	3,37
28. Communications	2,30	3,54	2,43	-0,12	1,98	3,19	0,93	2,15
29. Services publics d'électricité	3,03	3,44	3,39	1,57	1,27	1,91	1,46	-0,22
30. Services publics de gaz	2,40	1,07	2,91	3,60	0,07	0,67	-0,46	0,16
31. Commerce	2,48	3,43	2,40	1,00	2,00	2,07	1,92	2,04
32. Finances, assurances et immobilier	3,42	4,76	3,74	0,44	3,11	3,63	3,18	2,07
33. Autres services	4,45	4,77	5,00	2,72	4,30	3,91	4,67	4,20
Moyenne	1,31	2,46	1,31	-0,64	0,80	1,73	0,24	0,42

Tableau 4.9
Croissance des intrants intermédiaires au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	4,08	4,60	4,64	1,97	0,73	3,30	-0,68	-0,66
2. Mines métalliques	3,93	7,64	2,01	1,70	-3,03	2,06	-9,35	1,80
3. Mines de charbon	6,00	7,15	7,56	0,68	1,93	5,09	2,39	-4,48
4. Pétrole brut et gaz	7,89	8,85	9,03	3,83	0,05	1,63	-1,46	0,58
5. Mines non métalliques	3,10	6,83	2,00	-0,93	0,44	2,22	-1,19	0,86
6. Construction	2,47	5,17	2,35	-1,90	1,46	3,34	0,64	-0,04
7. Aliments	2,14	3,13	2,07	0,60	1,55	2,16	1,08	1,53
8. Tabac	-0,04	1,76	-1,56	0,12	-0,60	-0,82	-1,00	0,64
9. Textiles	2,25	5,86	1,19	-1,66	1,05	3,89	-0,71	-0,06
10. Vêtement	1,94	5,42	1,15	-2,34	1,14	3,76	-1,04	1,34
11. Bois d'œuvre et bois brut	4,04	5,68	3,12	3,21	3,05	6,25	0,69	2,59
12. Meubles	3,43	6,43	3,50	-1,88	2,68	5,29	0,82	2,20
13. Papier	3,32	5,25	2,55	1,69	2,75	4,63	1,78	1,62
14. Imprimerie	3,36	4,66	4,49	-1,29	2,28	3,81	2,11	0,01
15. Produits chimiques	3,94	5,86	3,79	0,96	2,82	5,57	1,16	1,66
16. Raffinage du pétrole	2,26	6,03	-0,25	1,19	1,47	2,74	0,85	0,64
17. Caoutchouc et plastiques	5,75	9,50	4,13	2,78	4,35	7,85	1,96	3,46
18. Cuir	-1,39	1,31	-1,30	-6,19	-2,10	0,26	-3,22	-3,74
19. Pierre, argile et verre	2,19	5,46	1,59	-2,11	1,41	4,26	-0,29	0,15
20. Métaux primaires	2,81	5,07	1,58	1,57	0,79	4,73	-2,38	0,84
21. Métaux ouvrés	2,86	6,78	1,66	-1,27	1,89	4,82	-0,27	1,46
22. Machines non électriques	6,52	8,47	3,60	9,42	3,87	6,57	1,15	5,08

Tableau 4.9 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	4,63	6,51	3,08	4,73	3,66	5,70	1,26	5,32
24. Véhicules automobiles	7,27	12,71	3,90	5,14	3,85	6,88	1,54	3,60
25. Autre matériel de transport	3,96	5,42	3,15	3,20	1,26	2,68	1,86	-2,45
26. Fabrication diverse	2,79	5,52	2,19	-0,60	2,86	4,41	2,27	1,46
27. Transports et entreposage	4,07	6,16	3,29	2,18	3,54	4,99	2,49	3,32
28. Communications	6,51	6,17	7,63	4,68	6,18	5,25	8,53	2,73
29. Services publics d'électricité	6,32	7,86	3,95	8,80	4,40	7,02	3,30	2,28
30. Services publics de gaz	3,65	3,10	3,14	5,67	-0,56	4,50	-1,87	-6,43
31. Commerce	4,23	4,88	3,84	3,97	3,85	6,23	2,53	2,58
32. Finances, assurances et immobilier	5,86	7,13	6,31	2,71	4,27	4,31	4,77	3,15
33. Autres services	5,39	5,81	5,71	3,98	5,59	7,13	5,23	3,72
Moyenne	3,86	6,01	3,18	1,65	2,09	4,32	0,76	1,11

Tableau 4.10

Croissance de la qualité du capital au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	1,04	3,87	0,50	-2,64	0,75	1,56	0,40	0,13
2. Mines métalliques	-0,56	-0,98	-0,37	-0,25	0,07	0,24	0,09	-0,27
3. Mines de charbon	-0,37	-0,66	-0,06	-0,53	-0,18	0,38	-0,52	-0,41
4. Pétrole brut et gaz	-0,09	-0,09	-0,02	-0,25	0,14	0,31	0,15	-0,17
5. Mines non métalliques	-0,32	-0,31	-0,26	-0,46	-0,02	0,22	-0,21	-0,02
6. Construction	0,90	1,48	0,51	0,75	-0,03	0,22	-0,13	-0,23
7. Aliments	0,34	0,57	0,17	0,31	0,50	0,88	0,40	0,04
8. Tabac	0,30	0,48	0,24	0,14	0,04	0,15	-0,03	0,00
9. Textiles	0,04	0,49	-0,32	0,06	0,61	1,58	0,19	-0,13
10. Vêtement	0,11	0,77	-0,36	-0,02	0,33	0,95	0,02	-0,07
11. Bois d'œuvre et bois brut	0,57	0,98	0,02	1,05	0,22	0,44	0,18	-0,05
12. Meubles	0,44	0,31	-0,28	2,20	0,60	1,38	0,26	0,01
13. Papier	0,15	0,44	-0,12	0,22	0,51	0,81	0,48	0,08
14. Imprimerie	0,10	0,11	0,23	-0,17	0,27	0,36	0,31	0,04
15. Produits chimiques	0,48	0,89	0,39	0,01	0,48	0,93	0,31	0,07
16. Raffinage du pétrole	3,92	6,16	3,64	0,69	0,97	1,25	0,79	0,88
17. Caoutchouc et plastiques	0,77	0,64	0,65	1,26	0,21	0,35	0,12	0,17
18. Cuir	0,00	1,07	-0,65	-0,42	0,40	0,95	0,14	0,03
19. Pierre, argile et verre	0,40	0,50	0,34	0,36	0,61	1,16	0,57	-0,23
20. Métaux primaires	0,67	0,85	0,51	0,71	0,67	1,38	0,50	-0,16

Tableau 4.10 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
21. Métaux ouvrés	0,34	0,98	-0,20	0,42	0,41	0,80	0,29	-0,03
22. Machines non électriques	0,37	0,51	0,23	0,40	0,49	0,59	0,73	-0,23
23. Machines électriques	0,06	0,55	0,17	-1,00	0,94	1,77	0,67	0,10
24. Véhicules automobiles	1,57	1,01	1,84	1,94	0,66	1,18	0,85	-0,62
25. Autre matériel de transport	-0,30	-0,52	-0,30	0,06	0,44	0,56	0,57	-0,02
26. Fabrication diverse	0,22	0,26	0,09	0,43	0,34	0,36	0,26	0,47
27. Transports et entreposage	0,23	-0,07	0,23	0,76	0,84	1,18	0,70	0,52
28. Communications	0,09	-0,02	0,16	0,10	0,51	1,15	0,23	0,01
29. Services publics d'électricité	0,43	0,58	0,50	0,05	0,42	0,59	0,41	0,17
30. Services publics de gaz	0,42	0,34	0,52	0,32	0,28	-0,03	0,43	0,49
31. Commerce	0,68	1,10	-0,05	1,51	1,07	1,83	0,83	0,26
32. Finances, assurances et immobilier	1,70	1,26	2,78	0,15	1,15	1,36	1,24	0,61
33. Autres services	2,91	2,84	3,68	1,35	0,85	1,79	0,49	0,00
Moyenne	0,53	0,80	0,44	0,29	0,47	0,87	0,36	0,04

Tableau 4.11

Croissance de la qualité du travail au Canada et aux États-Unis (%)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
1. Agriculture, forêt et pêche	0,50	0,41	0,61	0,41	0,93	1,22	0,67	1,02
2. Mines métalliques	0,19	0,31	0,19	0,01	0,53	0,60	0,65	0,18
3. Mines de charbon	0,39	0,79	0,34	-0,18	0,43	0,60	-0,05	1,16
4. Pétrole brut et gaz	0,25	0,06	0,28	0,52	0,36	-0,12	0,89	0,05
5. Mines non métalliques	0,37	0,55	0,26	0,30	0,46	0,77	0,03	0,85
6. Construction	0,37	0,44	0,41	0,19	0,33	0,18	0,25	0,74
7. Aliments	0,25	0,25	0,18	0,37	0,40	0,30	0,30	0,80
8. Tabac	0,71	0,80	0,60	0,78	0,81	0,90	0,61	1,10
9. Textiles	0,42	0,33	0,52	0,36	0,36	0,30	0,19	0,82
10. Vêtement	0,06	0,01	0,00	0,26	0,52	0,47	0,23	1,22
11. Bois d'œuvre et bois brut	0,29	0,50	0,20	0,12	0,56	0,72	0,22	0,99
12. Meubles	0,20	0,20	0,16	0,30	0,38	0,73	-0,09	0,76
13. Papier	0,29	0,24	0,28	0,42	0,51	0,39	0,47	0,77
14. Imprimerie	0,13	0,18	0,00	0,35	0,49	0,03	0,75	0,73
15. Produits chimiques	0,29	0,25	0,17	0,60	0,51	0,16	0,60	0,94
16. Raffinage du pétrole	0,32	0,31	0,16	0,67	0,23	0,39	0,02	0,42
17. Caoutchouc et plastiques	0,17	0,02	0,23	0,30	0,27	0,33	-0,05	0,87
18. Cuir	0,09	-0,08	0,07	0,42	0,41	0,99	-0,50	1,37
19. Pierre, argile et verre	0,25	0,35	0,18	0,24	0,38	0,63	0,00	0,76
20. Métaux primaires	0,24	0,28	0,21	0,23	0,36	0,34	0,26	0,59
21. Métaux ouvrés	0,26	0,29	0,14	0,46	0,30	0,11	0,16	0,94
22. Machines non électriques	0,25	0,34	0,14	0,32	0,44	0,23	0,41	0,87

Tableau 4.11 (suite)

	Canada				États-Unis			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
23. Machines électriques	0,30	0,15	0,25	0,66	0,50	0,20	0,50	0,99
24. Véhicules automobiles	0,17	0,19	0,06	0,38	0,42	0,31	0,32	0,83
25. Autre matériel de transport	0,26	0,41	0,18	0,18	0,41	0,36	0,39	0,54
26. Fabrication diverse	0,23	0,20	0,14	0,45	0,58	0,50	0,50	0,87
27. Transports et entreposage	0,36	0,44	0,25	0,46	0,13	0,35	-0,13	0,32
28. Communications	0,35	0,52	0,31	0,14	0,57	0,21	0,53	1,25
29. Services publics d'électricité	0,45	0,59	0,38	0,33	0,26	0,07	0,14	0,85
30. Services publics de gaz	0,27	0,34	0,27	0,14	0,31	0,25	0,28	0,47
31. Commerce	0,24	0,40	0,08	0,32	0,42	0,42	0,27	0,71
32. Finances, assurances et immobilier	0,11	-0,05	0,09	0,41	0,45	0,24	0,23	1,30
33. Autres services	0,66	0,87	0,45	0,74	0,49	0,45	0,63	0,28
Moyenne	0,29	0,33	0,24	0,35	0,44	0,41	0,29	0,80

4.5 Conclusion

DANS CE CHAPITRE, NOUS EMPLOYONS UNE MÉTHODOLOGIE SIMILAIRE pour présenter une comparaison internationale cohérente des profils de croissance dans les industries canadiennes et américaines au cours de la période 1961-1995 et des trois sous-périodes 1961-1973, 1973-1988 et 1988-1995. Voici nos principales constatations : 1) les taux de croissance annuels moyens de la production au Canada ont été supérieurs à ceux des États-Unis dans presque toutes les industries avant 1988. Par la suite, la croissance de la production au Canada a été plus lente qu'aux États-Unis. 2) Il y a eu un rattrapage important des industries canadiennes vers les niveaux de productivité observés dans les industries américaines au cours de la période 1961-1973. Par la suite, la productivité des industries canadiennes a crû à un taux semblable à celui des industries correspondantes aux États-Unis. Au cours de la période 1988-1995, la productivité au Canada a augmenté à un taux inférieur à celui observé aux États-Unis dans 20 industries sur 33. 3) Les principales sources de croissance de la production sont la croissance du capital, du travail et des intrants intermédiaires, la croissance de la productivité n'étant à l'origine que d'environ 20 p. 100 de la croissance de la production dans les deux pays sur l'ensemble de la période. 4) Un aspect intéressant de la croissance économique au Canada a été le taux élevé de croissance des intrants intermédiaires. 5) La hausse de la qualité du capital et du travail attribuable aux changements de composition a contribué à la croissance économique dans les deux pays, dans des proportions variant entre un septième et un quart de la croissance de la production.

Notes

1 Dans cette étude, nous examinons la « productivité totale des facteurs » plutôt que la productivité du travail. Autrement dit, nous considérons l'ensemble des intrants — le capital, le travail et les intrants intermédiaires.

2 La définition du terme « qualité » est présentée à la section 4.2 ci-dessous.

3 Pour une méthode qui ne suppose pas la neutralité au sens de Hicks et qui produit des estimations économétriques de la croissance de la productivité, voir le chapitre 7 de Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987).

4 Les données sur les intrants intermédiaires proviennent des tableaux entrées-sorties et nous travaillons au niveau correspondant à $r = 33$ pour les États-Unis.

5 Dans la présente étude, nous utilisons les données officielles des deux gouvernements. L'exactitude de ces statistiques donne lieu à de sérieux débats, notamment dans le secteur des services, particulièrement difficile à mesurer. Voir, par exemple, Triplett et Bosworth (2000). Nos estimations devraient être interprétées en gardant à l'esprit cette réserve.

6 La concordance entre les 122 industries du secteur des entreprises au Canada et les 33 industries du secteur correspondant aux États-Unis est présentée à l'annexe A du chapitre.

7 Les projections de l'Office of Employment, du BLS, englobent les séries temporelles des tableaux E-S, ainsi que la production et les prix de l'industrie au niveau de la classification type des industries à trois chiffres (CTI, révision de 1987). Certaines de ces données sont disponibles sur le site ftp://ftp.bls.gov/pub/. Les 185 secteurs ont été agrégés en 35 secteurs pour les États-Unis. Les données présentées dans Jorgenson et Wilcoxen (1990) sont fondées sur les anciennes catégories de la CTI et nous avons fait un rapprochement des deux séries en 1977. Nous avons extrapolé le tableau E-S à 1996 à l'aide des données de la production de l'industrie pour la même année.

8 Les détails sur la mesure de l'intrant travail se trouvent à l'appendice C pour les États-Unis et à l'appendice F pour le Canada.

9 Il y a une légère différence dans les niveaux de scolarité entre le Canada et les États-Unis. En raison des changements survenus dans la définition de la scolarité employée aux fins de l'Enquête sur la population active de 1990, la scolarité est agrégée en quatre catégories pour le Canada afin d'assurer la cohérence dans le temps. Pour les États-Unis, il y a six niveaux de scolarité. La différence dans le

nombre de catégories devrait avoir peu d'impact sur nos estimations de l'intrant travail et de la qualité du travail.

10 Les travailleurs autonomes et les travailleurs familiaux non rémunérés ont été regroupés en une seule catégorie aux États-Unis. Ils sont traités en deux catégories distinctes au Canada. La rémunération des travailleurs autonomes au Canada a été estimée à l'aide des taux de salaire des travailleurs rémunérés, tandis que la rémunération des travailleurs familiaux non rémunérés a été ignorée. Dans les données américaines, la rémunération a été estimée sous la forme d'un résidu correspondant à la différence entre la valeur ajoutée non attribuable aux sociétés et le revenu lié au capital, calculé de façon à équivaloir aux taux de rendement du capital des sociétés et du capital des entités autres que les sociétés.

11 Le recensement renferme des renseignements détaillés (sur l'âge, la scolarité, le nombre d'heures travaillées, l'industrie d'emploi, les salaires, etc.) pour un échantillon de 1 p. 100 de la population. Le Département du Travail des États-Unis procède à des enquêtes annuelles au même niveau de détail pour un échantillon plus restreint. Ces données sont utilisées pour estimer les caractéristiques de l'ensemble de la population active dans le cadre d'une série temporelle.

12 Des détails sur la mesure des intrants liés au capital sont présentés à l'appendice A pour les États-Unis et à l'appendice E pour le Canada.

13 Pour les données américaines, voir « Gross Product by Industry », dans *Survey of Current Business*, novembre 1997.

14 L'évolution de la production brute dans le temps a été influencée par le degré de changement dans l'organisation industrielle; autrement dit, une consolidation verticale réduira la production brute totale même s'il n'y a pas de changements matériels. La comparaison de la production brute est trompeuse parce que les changements ne sont pas identiques dans les deux pays. Cependant, les taux de croissance de la production brute sont à peu près équivalents à la valeur ajoutée totale (PIB) présentés à la section 4.4.1; par conséquent, cela ne devrait pas constituer une source de préoccupation importante.

Annexe A :
Concordance des industries canadiennes et américaines

Tableau 4A.1

Concordance des industries canadiennes et américaines

Canada : 122 industries	États-Unis : 33 industries	Abréviation
1-2	1. Agriculture, forêt et pêche	1. Agriculture, forêt et pêche
4-6, 13	2. Mines métalliques	2. Mines métalliques
10	3. Mines de charbon	3. Mines de charbon
11	4. Pétrole brut et gaz naturel	4. Pétrole brut et gaz
7-9, 12	5. Mines non métalliques	5. Mines non métalliques
98	6. Construction	6. Construction
14-24	7. Aliments et produits connexes	7. Aliments
25	8. Produits du tabac	8. Tabac
29-32	9. Produits des usines de textile	9. Textiles
33	10. Vêtement et autres textiles	10. Vêtement
3, 34-38	11. Bois d'œuvre et bois brut	11. Bois d'œuvre et bois brut
39-41	12. Meubles et articles d'ameublement	12. Meubles
42-45	13. Papier et produits connexes	13. Papier
46-47	14. Imprimerie et édition	14. Imprimerie
87-93	15. Produits chimiques	15. Produits chimiques
86	16. Produits du pétrole et du charbon	16. Raffinage du pétrole
26-27	17. Caoutchouc et plastiques	17. Caoutchouc et plastiques
28	18. Produits du cuir	18. Cuir
80-85	19. Pierre, argile et verre	19. Pierre, argile et verre
48-54	20. Métaux primaires	20. Métaux primaires

Tableau 4A.1 (suite)

Canada : 122 industries	États-Unis : 33 industries	Abréviation
55-59, 62	21. Métaux ouvrés	21. Métaux ouvrés
60-61, 63-65, 78	22. Machines non électriques	22. Machines non électriques
73-77, 79	23. Machines électriques	23. Machines électriques
67-69	24. Véhicules automobiles	24. Véhicules automobiles
66, 70-72	25. Matériel et services de transport	25. Autre matériel de transport
94-97	26. Fabrication diverse	26. Fabrication diverse
99-105	27. Autres transports	27. Transports et entreposage
106-107	28. Communications	28. Communications
109	29. Services publics d'électricité	29. Services publics d'électricité
110	30. Services publics de gaz	30. Services publics de gaz
112-113	31. Commerce	31. Commerce
114-115	32. Finances, assurances et immobilier	32. Finances, assurances et immobilier
111, 116-122	33. Autres services	33. Autres services
108	Non réparti	

Annexe B :
Sources de croissance de la production selon les données sur le stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada

LES ESTIMATIONS DE LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ de Statistique Canada sont fondées sur les données du stock de capital, obtenues par une méthode d'amortissement dégressif à taux double modifiée. À des fins de comparaison, le tableau 4B.1 montre les sources de croissance de la production dans le secteur des entreprises privées au Canada, estimées à l'aide de ces données sur le stock de capital. En comparant les tableaux 4.B1 et 4.3, nous constatons que les contributions de l'intrant capital ont été inférieures à celles obtenues avec des estimations du stock de capital comparables aux estimations du BLS. En conséquence, les estimations de la croissance de la productivité sont plus élevées lorsqu'on utilise les estimations du stock de capital obtenues à l'aide d'une méthode d'amortissement dégressif à taux double modifiée. Il y a une augmentation progressive des écarts entre les deux séries d'estimations de la croissance de la productivité, de 0,06 p. 100 pour la période 1961-1973 à 0,15 p. 100 pour la période 1973-1988 et à 0,24 p. 100 pour la période 1988-1995.

Tableau 4.B1

Sources de croissance de la production dans le secteur des entreprises privées (%), selon les données sur le stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada

	Canada			
	1961-1995	1961-1973	1973-1988	1988-1995
Valeur ajoutée	3,71	5,56	3,27	1,48
Contribution du stock de capital	0,68	0,85	0,73	0,27
Contribution de la qualité du capital	0,33	0,38	0,33	0,22
Contribution des heures travaillées	1,07	1,29	1,30	0,22
Contribution de la qualité du travail	0,33	0,47	0,19	0,38
Croissance de la productivité	1,30	2,58	0,72	0,39

F6

Niveaux de productivité et compétitivité internationale du Canada et des États-Unis 5

Frank C. Lee et Jianmin Tang

5.1 Introduction

L'OBJET DE LA PRÉSENTE ÉTUDE est de comparer les niveaux de productivité totale des facteurs (PTF) et la compétitivité internationale dans 33 industries canadiennes et américaines. Pour produire ces comparaisons, nous devons d'abord estimer les parités de pouvoir d'achat (PPA) de la production et des intrants, par industrie. Nous utilisons des données bilatérales sur le prix des biens au Canada et aux États-Unis afin de calculer des PPA pour la production et les intrants intermédiaires, et nous estimons des PPA pour l'intrant capital en fonction des prix relatifs des biens d'investissement, en tenant compte du flux des services du capital par unité de stock de capital. Nous utilisons ensuite les taux de rémunération horaire de la main-d'œuvre, désagrégés par catégorie de travailleurs dans les deux pays, pour estimer les PPA de l'intrant travail. Ces PPA tiennent compte des différences dans la composition de la production et des intrants de l'industrie entre le Canada et les États-Unis, permettant ainsi des comparaisons entre pays tant au niveau des prix que des quantités des produits et des intrants.

À l'exemple de Jorgenson et Nishimizu (1978), qui ont fait des comparaisons entre le Japon et les États-Unis, nous utilisons une fonction de production translog attribuable à Christensen, Jorgenson et Lau (1971, 1973) afin d'estimer les niveaux relatifs de PTF au Canada et aux États-Unis. Ce modèle a été utilisé abondamment par Jorgenson et ses collaborateurs, dont Jorgenson, Kuroda et Nishimizu (1987), Jorgenson et Kuroda (1995), et Kuroda et Nomura (1999). Suivant cette tradition, nous pouvons supposer que les niveaux relatifs de PTF traduisent des différences de niveau de technologie puisque la qualité des intrants est déjà prise en compte dans ce modèle.

À l'aide d'un cadre commun comprenant des ensembles de données comparables pour le Canada et les États-Unis[1], nous avons obtenu des résultats qui montrent qu'en 1995, 23 industries canadiennes sur 33 avaient un niveau de PTF inférieur à celui de l'industrie correspondante aux États-Unis[2]. Nos résultats indiquent également que le niveau relatif de PTF est un élément important

de la compétitivité internationale dans les diverses industries. De fait, les industries canadiennes qui affichent des niveaux de PTF plus élevés que leurs rivales américaines ont tendance à être plus concurrentielles en termes de prix relatifs de la production. Avec le temps, toutefois, les mouvements de taux de change semblent être le facteur le plus important de la compétitivité internationale. Entre 1988 et 1995, la baisse du taux de change a aidé neuf industries à devenir plus concurrentielles que leurs rivales américaines. Par ailleurs, les mouvements de taux de change coïncident avec les mouvements de prix relatifs de la production dans le secteur des entreprises privées des deux pays sur la période 1961-1995. Examinant une période plus récente, c'est-à-dire 1976 à 1995, nous constatons que la compétitivité du secteur des entreprises privées au Canada s'est améliorée par rapport à celle du même secteur aux États-Unis, alors même que sa performance sur le plan de la PTF stagnait — malgré une légère reprise amorcée depuis 1993.

Le reste du chapitre se présente ainsi. À la section 5.2, nous estimons des PPA pour la production et les intrants, tandis que les sections 5.3 et 5.4 sont consacrées à une comparaison des niveaux de PTF et de compétitivité internationale entre les industries canadiennes et américaines. À la section 5.5, nous examinons l'évolution de la PTF et de la compétitivité dans le secteur des entreprises privées au Canada et aux États-Unis. Enfin, nous présentons nos conclusions à la section 5.6.

5.2. Parités du pouvoir d'achat pour la production et les intrants

DANS CETTE SECTION, NOUS EXAMINONS les données et la méthodologie employées aux fins de construire des PPA bilatérales entre le Canada et les États-Unis pour la production et les intrants, dans 33 industries. Dans ce contexte, il est utile de garder à l'esprit que la valeur de la production est définie dans la perspective du producteur, tandis que la valeur des intrants est définie dans la perspective du producteur-acheteur. Cela a des conséquences pour l'élaboration des PPA, comme nous le verrons plus loin.

D'abord, nous regroupons les tableaux entrées-sorties du Canada et des États-Unis pour l'année 1992[3] en 249 groupes communs de biens et 33 industries[4]. Nous jumelons ensuite des PPA de 201 biens[5] aux prix des acheteurs, avec les biens figurant dans les tableaux E-S. Parmi les 48 biens restants dans les tableaux E-S, nous identifions 26 biens ayant des substituts rapprochés

parmi les 201 biens déjà jumelés, en appliquant les PPA de leurs proches substituts. Pour les 22 biens résiduels, nous utilisons le taux de change du marché de 1993. Ce sont principalement des biens primaires (par exemple les céréales, le blé, le cuivre, l'acier et les métaux précieux) qui font l'objet d'un important commerce sur les marchés nord-américains ou mondiaux. Les 249 PPA et les tableaux E-S sont utilisés aux fins d'estimer des PPA pour la production et les intrants autres que le travail[6].

5.2.1 Parités du pouvoir d'achat pour la production

La PPA de la production est définie comme étant le ratio du montant, exprimé en dollars canadiens, reçu par les producteurs canadiens pour leur production vendue au Canada, au montant, exprimé en dollars américains, reçu par les producteurs américains pour vendre le même montant de production aux États-Unis. Ainsi, les PPA de la production sont calculées aux prix des producteurs, ce qui signifie que nous devons d'abord convertir les PPA des biens établis aux prix des acheteurs, soit $EPPP_j$, en PPA pour les mêmes biens établis aux prix des producteurs, soit PPP_j, en « supprimant » les marges d'imposition et de distribution (la marge de l'imposition indirecte des biens et les marges du transport et du commerce), à l'aide des tableaux E-S des deux pays[7].

Nous procédons ensuite à l'élaboration des PPA de production pour chaque industrie. La PPA de la production dans l'industrie i est obtenue par l'agrégation de 249 PPA de biens sous forme translog, en utilisant les parts nominales de la composition des biens comme facteurs de pondération pour l'industrie i :

$$(1) \qquad \ln(PPP_i^Q) = \sum_{j=1}^{249} 1/2\left[v_{i,j}^Q(Can) + v_{i,j}^Q(US)\right] \cdot \ln(PPP_j),$$

où $v_{i,j}^Q(S)$ est la part de la valeur du bien j, dans l'industrie i dans le pays S, estimée à partir de la matrice de la *production* des tableaux E-S.

5.2.2 Parités du pouvoir d'achat pour les intrants intermédiaires

Les intrants intermédiaires englobent l'énergie, les matières et les services achetés. Leurs PPA sont calculées de la même manière que les PPA de la production, mais elles sont fondées sur les PPA des biens aux prix des acheteurs, qui comprennent les marges d'imposition, de transport et de commerce. En gardant cela à l'esprit, la PPA des intrants intermédiaires dans l'industrie *i* est définie comme étant l'agrégat translog des PPA de 249 biens :

$$(2) \qquad \ln(PPP_i^M) = \sum_{j=1}^{249} 1/2\left[v_{i.j}^M(Can) + v_{i.j}^M(US)\right] \cdot \ln(EPPP_j),$$

où $v_{i.j}^M(S)$ est la part de la valeur des biens (ou des services) de la catégorie *j* utilisés comme intrants intermédiaires dans l'industrie *i*, dans le pays S, estimée à partir des matrices des *utilisations* des tableaux E-S. Ici, $EPPP_j$ est la PPA aux prix des acheteurs du bien *j*, telle que définie précédemment.

5.2.3 Parités du pouvoir d'achat pour l'intrant capital

Comme au chapitre 4, l'intrant capital est ventilé entre quatre catégories d'actif — les machines et le matériel (M et M), les structures non résidentielles, les stocks et les terrains. Cependant, les données disponibles sur les prix nous permettent seulement de construire des PPA d'investissement pour les M et M et les structures. À l'exemple de Jorgenson et Kuroda (1995) et de Kuroda et Nomura (1999), nous faisons l'agrégation de 249 PPA de biens afin de construire les PPA de l'investissement pour l'investissement nouveau de type *k* (M et M ou structures) dans l'industrie *i*, dans la perspective des acheteurs :

$$(3) \qquad \ln(PPP_{i.k}^I) = \sum_{j=1}^{249} 1/2\left[v_{i.k.j}^I(Can) + v_{i.k.j}^I(US)\right] \cdot \ln(EPPP_j),$$

où $v_{i.k.j}^I(S)$ est la part de la valeur du bien d'investissement *j* de type *k* dans l'industrie *i* estimée à l'aide des matrices de *flux d'investissement* des tableaux E-S.

Nous dérivons ensuite la PPA de l'intrant capital, pour chaque catégorie d'actif (M et M et structures) dans l'industrie *i*, en multipliant le ratio de cha-

que catégorie de prix de location au Canada par rapport aux États-Unis par la PPA de l'investissement correspondante,

$$(4) \quad PPP^K_{i,k} = \left(\frac{P^K_{i,k}(Can) / P^I_{i,k}(Can)}{P^K_{i,k}(US) / P^I_{i,k}(US)} \right) PPP^I_{i,k},$$

où $P^K_{i,k}(S)$ est le prix de l'intrant capital pour la catégorie d'actif k dans le pays S et où $P^I_{i,k}(S)$ est l'indice de prix de l'investissement pour cette catégorie d'actif. Pour chaque catégorie d'actif, le ratio du prix de l'intrant capital à l'indice du prix de l'investissement est le prix de location de l'intrant capital de cette catégorie d'actif. Tel qu'indiqué dans les chapitres précédents, le prix de location de l'intrant capital est estimé en tenant compte du taux de rendement du capital, des taux d'amortissement économique et des divers paramètres fiscaux de chaque pays. Ainsi, dans le calcul des PPA de l'intrant capital, nous supposons implicitement que l'efficience relative des nouveaux biens en capital, dans une industrie donnée, est la même au Canada et aux États-Unis. Cependant, la baisse de l'efficience de l'intrant capital correspondant à chaque composante est estimée séparément pour les deux pays.

Nous supposons que la PPA de l'intrant capital pour les terrains est la même que pour les structures. En outre, nous supposons que la PPA de l'intrant capital pour les stocks est identique à la moyenne pondérée des PPA de l'intrant capital pour les M et M, les structures et les terrains. La PPA de l'ensemble de l'intrant capital est ensuite obtenue en faisant l'agrégation des PPA individuelles de l'intrant capital pour toutes les catégories p (M et M, structures, terrains et stocks), en utilisant comme facteur de pondération la rémunération moyenne dans les deux pays pour chaque catégorie d'intrants capital :

$$(5) \quad \ln(PPP^K_i) = \sum_{k=1}^{p} 1/2\left[v^K_{i,k}(Can) + v^K_{i,k}(US)\right] \cdot \ln(PPP^K_{i,k}),$$

où $v^K_{i,k}(S)$ est la part de la rémunération du capital de la catégorie de capital k, dans l'industrie i, dans le pays S.

5.2.4 Parités du pouvoir d'achat pour l'intrant travail

Pour chacune des 33 industries, les intrants liés au travail au Canada et aux États-Unis sont jumelés selon le sexe, la situation d'emploi, l'âge et la scolarité, comme il ressort du tableau 5.1. Nous estimons la PPA de l'intrant travail pour l'industrie i en faisant l'agrégation du ratio des taux de rémunération horaire de la main-d'œuvre dans les deux pays pour q catégories (112) de main-d'œuvre :

$$(6) \quad \ln(PPI_i^L) = \sum_{l=1}^{q} \left\{ 1/2 \left[v_{ij}^L (Can) + v_{ij}^L (US) \right] \cdot \ln \left[\frac{P_{ij}^L (Can)}{P_{ij}^L (US)} \right] \right\},$$

où $P_{i,l}^L(S)$ est la rémunération horaire moyenne des travailleurs de la catégorie l dans l'industrie i et dans le pays S, tandis que $v_{i,l}^L(S)$ est la part de la rémunération totale de la main-d'œuvre correspondant à cette catégorie de travailleurs.

Tableau 5.1

Classification de la main-d'œuvre canadienne et américaine

Caractéristiques des travailleurs	Nombre de catégories	Catégories
Sexe	2	Hommes; femmes
Catégorie d'emploi	2	Employés rémunérés; employés autonomes[1]
Âge	7	16-17[2]; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Scolarité	4	0-8, cours primaire; cours secondaire partiel ou complété; cours postsecondaire partiel ou complété; cours universitaire ou plus élevé.

Notes : [1] Pour les États-Unis, la catégorie des employés autonomes englobe les travailleurs non rémunérés.
[2] Ce groupe d'âge englobe les 15-17 ans au Canada.

5.2.5 Sommaire des parités du pouvoir d'achat du Canada et des États-Unis, 1993

Les PPA de la production et des trois catégories d'intrants pour l'année 1993 sont présentées au tableau 5.2[8]. Les PPA de la production sont généralement conformes au taux de change (1,29 en 1993) dans la plupart des industries.

Cependant, pour l'extraction du charbon, le tabac et les services d'électricité, elles sont plutôt faibles.

Les PPA de l'intrant capital montrent une forte variation d'une industrie à l'autre. Ces variations découlent des différences dans les prix de location de l'intrant capital entre les deux pays puisque les prix de l'investissement en capital sont généralement comparables. À titre d'exemple, le prix de location de l'intrant capital dans l'industrie des véhicules automobiles, celle du caoutchouc et des plastiques et celle des machines industrielles est plus élevé au Canada qu'aux États-Unis, alors que le contraire est vrai dans l'industrie du papier et des produits connexes, celle du raffinage du pétrole et les autres industries de services. Le prix de location plus élevé de l'intrant capital dans les autres services aux États-Unis est principalement attribuable au prix de location supérieur des services d'enseignement privé et des services juridiques dans ce pays par rapport au Canada. Un examen plus attentif révèle que les écarts importants dans les prix de location de l'intrant capital observés entre le Canada et les États-Unis sont imputables à des différences notables entre les données sur la rémunération du capital dans les tableaux E-S des deux pays par rapport à leur stock de capital respectif.

En ce qui a trait aux PPA de l'intrant travail, nous notons tout d'abord que les variations d'une industrie à l'autre sont infimes. En outre, les PPA de l'intrant travail sont inférieures à l'unité dans 17 industries, ce qui les situe bien en deçà du taux de change.

Enfin, les PPA des intrants intermédiaires sont passablement constantes d'une industrie à l'autre et plus ou moins égales au taux de change dans la plupart des cas, sauf l'industrie du tabac. L'industrie canadienne du tabac verse un prix plus élevé pour ses intrants intermédiaires que sa rivale américaine, ce qui est principalement attribuable à la différence entre les deux pays dans la fiscalité applicable aux produits semi-finis du tabac.

Tableau 5.2

Parités du pouvoir d'achat par industrie, 1993 (É.-U. = 1,00)

Industrie	Production	Intrant capital	Intrant travail	Intrants intermédiaires
1. Agriculture, forêt et pêche	1,35	1,93	0,62	1,35
2. Mines métalliques	1,29	1,70	1,06	1,27
3. Mines de charbon	0,88	0,99	0,88	1,29
4. Pétrole brut et gaz	1,45	1,09	1,02	1,26
5. Mines non métalliques	1,35	1,82	1,04	1,29
6. Construction	1,13	2,08	1,13	1,34
7. Aliments	1,42	2,13	1,11	1,36
8. Tabac	0,74	2,23	1,05	1,57
9. Textiles	1,46	2,36	1,06	1,35
10. Vêtement	1,34	2,29	0,96	1,38
11. Bois d'œuvre et bois brut	1,25	1,88	1,21	1,24
12. Meubles	1,36	2,41	0,93	1,35
13. Papier	1,55	0,75	1,16	1,30
14. Imprimerie	1,52	2,45	1,12	1,35
15. Produits chimiques	1,28	1,19	0,81	1,32
16. Raffinage du pétrole	1,13	0,47	0,99	1,29
17. Caoutchouc et plastiques	1,58	2,73	1,02	1,31
18. Cuir	1,32	0,83	1,06	1,27
19. Pierre, argile et verre	1,41	2,08	1,01	1,32
20. Métaux primaires	1,28	1,10	1,07	1,26
21. Métaux ouvrés	1,40	1,85	0,89	1,29
22. Machines industrielles	1,30	2,55	0,85	1,28
23. Machines électriques	1,17	1,70	0,92	1,23
24. Véhicules automobiles	1,23	3,59	0,76	1,35
25. Autre matériel de transport	1,35	2,19	0,97	1,31
26. Fabrication diverse	1,29	2,40	0,80	1,30
27. Transports et entreposage	1,33	1,60	0,85	1,29
28. Communications	1,18	1,23	0,93	1,23
29. Services publics d'électricité	0,90	1,15	1,12	1,19
30. Services publics de gaz	1,30	1,95	0,86	1,26
31. Commerce	1,19	1,60	1,05	1,29
32. Finances, assur. et immobilier	1,32	2,05	0,81	1,24
33. Autres services	1,08	0,37	0,98	1,25
Secteur des entreprises privées	1,22[1]	1,23	0,96	

[1] Pour la valeur ajoutée provenant des données de Statistique Canada sur la parité du pouvoir d'achat du PIB Canada-États-Unis.

5.3 Niveaux relatifs de productivité

À L'AIDE DES PPA CALCULÉES SELON LA MÉTHODE PRÉCITÉE, nous estimons les niveaux relatifs de PTF entre le Canada et les États-Unis dans 33 industries[9]. Comme l'ont fait Jorgenson et Nishimizu (1978) pour la comparaison entre le Japon et les États-Unis, notre cadre théorique est fondé sur une fonction de production translog d'abord élaborée par Christensen, Jorgenson et Lau (1971, 1973). Dans le cas présent, la production est une fonction translog de l'intrant capital, de l'intrant travail et des intrants intermédiaires, ainsi que d'une variable nominale égale à un pour le Canada et égale à zéro pour les États-Unis, où le temps est un indice de la technologie pour chaque industrie. Cependant, à l'instar de Jorgenson et Kuroda (1995) et de Kuroda et Nomura (1999), nous constatons qu'il est plus pratique de travailler avec une fonction de production à double prix aux fins d'analyser la compétitivité internationale et les niveaux relatifs de PTF. La fonction à double prix est dérivée de la fonction de production dans des conditions de concurrence. La fonction de prix pour l'industrie i peut être représentée ainsi :

$$(7) \quad \begin{aligned} \ln P_i = {} & \ln P_i^{X'} \alpha_i^X + \alpha_i^t t + \alpha_i^D D + 1/2 \ln P_i^{X'} \beta_i^{XX} \ln P_i^X + \ln P_i^{X'} \beta_i^{Xt} t \\ & + \ln P_i^{X'} \beta_i^{XD} D + 1/2\, \beta_i^{tt} t^2 + \beta_i^{tD} tD + 1/2\, \beta_i^{DD} D^2, \end{aligned}$$

où P_i est le prix de la production de l'industrie i; $\ln P_i^X$ désigne $\{\ln P_i^K \ln P_i^L \ln P_i^M\}$, un vecteur de logarithmes du prix de l'intrant capital (P_i^K), du prix de l'intrant travail (P_i^L) et du prix des intrants intermédiaires (P_i^M) dans l'industrie i; t désigne le temps qui sert d'indice de la technologie et, enfin, D est une variable nominale égale à un pour le Canada et à zéro pour les États-Unis.

Dans cette présentation, les scalaires $\{\alpha_i^t, \alpha_i^D, \beta_i^{tt}, \beta_i^{tD}, \beta_i^{DD}\}$, les vecteurs $\{\alpha_i^X, \beta_i^{Xt}, \beta_i^{XD}\}$ et la matrice $\{\beta_i^{XX}\}$ sont des paramètres constants. Cependant, ces paramètres diffèrent d'une industrie à l'autre, traduisant des différences de technologie. Au sein de chaque industrie, les différences de technologie d'une période à l'autre sont représentées par le temps, qui sert d'indice de la technologie. Les différences de technologie entre le Canada et les États-Unis sont associées à la variable nominale.

À l'aide de la fonction de prix qui précède, Jorgenson et Kuroda (1995) et Kuroda et Nomura (1999) montrent que les différences entre les logarithmes des niveaux de PTF au Canada et aux États-Unis, $\overline{v}_i^D$ peuvent être exprimées comme valeur négative des différences entre les logarithmes des prix de la

production, moins une moyenne pondérée des différences entre les logarithmes des prix des intrants,

$$(8) \qquad \overline{v}_i^D = -\left\{\ln\left[\frac{P_i(Can)}{P_i(US)}\right] - \overline{v}_i^K \ln\left[\frac{P_i^K(Can)}{P_i^K(US)}\right] - \overline{v}_i^L \ln\left[\frac{P_i^L(Can)}{P_i^L(US)}\right] - \overline{v}_i^M \ln\left[\frac{P_i^M(Can)}{P_i^M(US)}\right]\right\},$$

où $\overline{v}_i^j = 1/2\left[v_i^j(Can) + v_i^j(US)\right]$, la part de la rémunération moyenne de l'intrant j au Canada et aux États-Unis dans l'industrie i. Les ratios de prix dans l'équation qui précède sont les PPA de la production et des intrants.

Nous calculons d'abord les niveaux relatifs de PTF en 1993 au Canada et aux États-Unis dans 33 industries en fonction des PPA estimatives de 1993, à l'aide de l'équation (8). Nous utilisons ensuite les indices de PTF construits au chapitre précédent pour estimer les niveaux relatifs de PTF des autres années. Les estimations des niveaux relatifs de PTF par industrie sont présentées au tableau 5.3. En 1995, le Canada était moins productif que les États-Unis dans 23 industries sur 33. Notamment, le Canada était beaucoup moins productif dans les industries suivantes : agriculture; forêt et pêche; pétrole brut et gaz; papier; imprimerie; caoutchouc et plastiques; cuir; pierre, argile et verre; métaux ouvrés; machines industrielles; transport et entreposage. Par contre, en 1995, le Canada était sensiblement plus productif que les États-Unis dans les industries suivantes : extraction minière, construction, tabac, raffinage du pétrole, services publics d'électricité, et services publics de gaz.

Afin d'examiner la tendance des niveaux relatifs de PTF dans les industries canadiennes et américaines, nous avons estimé la variance des niveaux relatifs de PTF par industrie au cours de la période 1961-1995. Comme on peut le voir à la figure 5.1, la variance pour l'ensemble des industries a diminué de façon spectaculaire durant les années 60. Cependant, après 1970, elle est demeurée à peu près stable. Cela signifie que la performance du Canada et des États-Unis sur le plan de la PTF a convergé dans les diverses industries au cours des années 60. De fait, dans 19 industries sur 25 où le Canada tirait de l'arrière sur les États-Unis en ce qui a trait aux niveaux de PTF en 1961, il a amélioré sa performance relative à ce chapitre entre 1961 et 1973; les améliorations les plus notables sont survenues dans les industries où les écarts de PTF étaient les plus prononcés (extraction du charbon et communications). Simultanément, le Canada a perdu une partie de son avantage relatif au chapitre de la PTF dans deux industries (tabac et raffinage du pétrole) où cet avantage était le plus marqué en 1961. Entre 1973 et 1988, la variance est demeurée plus ou moins constante. Durant cette période, certaines industries canadiennes à faible productivité ont rattrapé une partie de leur retard sur

leurs rivales américaines, mais leurs gains relatifs ont été modestes. Par ailleurs, ces gains ont été compensés par le fait que des industries américaines ont réussi à rattraper leurs rivales canadiennes hautement productives (mines métalliques, raffinage du pétrole et les deux industries des machines). Au cours de la période 1988-1995, la variance de l'écart relatif de PTF entre les deux pays a diminué. La plupart de la baisse peut être attribuée aux industries américaines (comme les mines métalliques, l'extraction du charbon et les machines électriques) qui ont rattrapé et, dans certains cas, dépassé les niveaux de PTF des industries canadiennes. Dans l'intervalle, la plupart des industries canadiennes qui étaient moins productives que leurs concurrentes américaines ont été incapables de rattraper les niveaux de PTF observés aux États-Unis ou n'ont fait que des gains modestes.

Figure 5.1
Variance de l'écart de productivité (sous forme logarithmique) parmi les industries

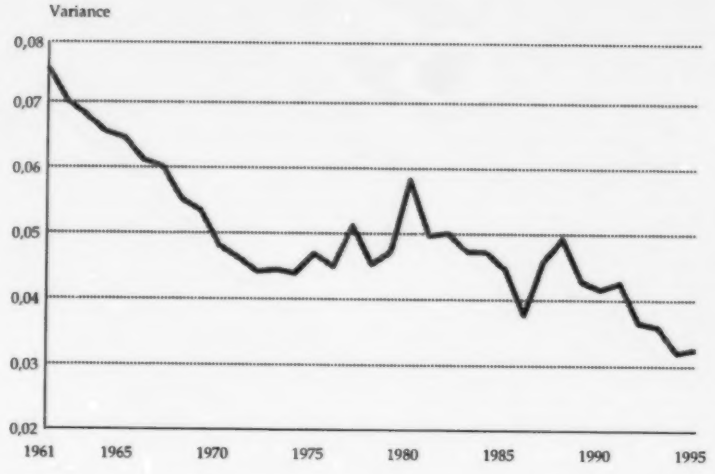


Tableau 5.3

Niveaux de la PTF au Canada par rapport aux États-Unis (É.-U. = 1,00)

Industrie	1961	1973	1988	1995
1. Agriculture, forêt et pêche	0,87	0,98	0,89	0,83
2. Mines métalliques	1,44	1,55	1,34	0,90
3. Mines de charbon	0,77	1,15	1,50	1,16
4. Pétrole brut et gaz	0,83	1,01	0,62	0,71
5. Mines non métalliques	0,87	0,95	0,98	0,96
6. Construction	0,87	0,93	1,11	1,18
7. Aliments	1,15	1,13	0,97	0,96
8. Tabac	1,75	1,60	2,06	2,06
9. Textiles	1,09	1,23	1,03	0,98
10. Vêtement	1,06	1,08	1,00	0,99
11. Bois d'œuvre et bois brut	0,79	0,90	0,91	1,01
12. Meubles	1,00	1,14	0,92	0,96
13. Papier	0,91	0,84	0,81	0,83
14. Imprimerie	0,86	0,86	0,95	0,88
15. Produits chimiques	0,82	0,80	0,89	0,93
16. Raffinage du pétrole	1,39	1,30	1,09	1,15
17. Caoutchouc et plastiques	0,85	0,91	0,86	0,85
18. Cuir	0,71	0,82	0,85	0,83
19. Pierre, argile et verre	0,86	1,01	0,95	0,87
20. Métaux primaires	0,90	0,96	0,96	0,96
21. Métaux ouvrés	0,81	0,85	0,84	0,84
22. Machines industrielles	1,11	1,21	0,95	0,88
23. Machines électriques	1,26	1,31	1,15	0,98
24. Véhicules automobiles	0,73	0,93	1,04	1,07
25. Autre matériel de transport	1,02	0,98	0,89	0,98
26. Fabrication diverse	1,09	1,07	0,90	0,92
27. Transports et entreposage	0,82	0,90	0,94	0,87
28. Communications	0,39	0,61	0,94	0,99
29. Services publics d'électricité	1,51	1,57	1,61	1,24
30. Services publics de gaz	0,81	1,24	1,36	1,15
31. Commerce	0,80	0,94	1,08	1,02
32. Finances, assurances et immobilier	1,29	1,15	0,92	1,09
33. Autres services	0,90	0,86	0,93	0,93

Pour jeter un éclairage différent sur cet aspect, nous avons aussi examiné le nombre d'industries canadiennes qui étaient moins productives que leurs concurrentes américaines. Ce chiffre a reculé de 20 en 1961 à 17 en 1973, comme on peut le constater au tableau 5.3. Cependant, il est remonté à 21 en 1988 et à 23 en 1995. Ainsi, le nombre d'industries canadiennes qui étaient moins productives que leurs rivales américaines a augmenté depuis 1973. Ces chiffres donnent un instantané de la performance au cours d'une année donnée, mais ils n'aident pas à évaluer l'amélioration ou la détérioration de la performance relative du Canada sur le plan de la PTF au fil du temps.

Nous abordons maintenant cette question. Lorsque nous examinons l'évolution des niveaux relatifs de PTF, le caractère généralisé du déclin au Canada apparaît. De 1961 à 1973, 9 industries canadiennes seulement ont vu leur PTF relative diminuer par rapport à celle de leur concurrente américaine. Cependant, ce chiffre est passé à 16 entre 1973 et 1988 et à 17 entre 1988 et 1995. En résumé, la détérioration des niveaux de PTF du Canada par rapport à ceux des États-Unis s'est généralisée parmi les industries depuis 1973.

5.4 Compétitivité des industries canadiennes et américaines

CETTE SECTION RENFERME UNE ÉVALUATION des différences de compétitivité entre les industries canadiennes et américaines et établit un lien entre ces différences et les niveaux relatifs de PTF correspondants. À l'exemple de Jorgenson et Kuroda (1995), nous mesurons la compétitivité en fonction des prix relatifs de la production, définis comme étant les PPA de la production divisées par le taux de change ($ CAN par $ US).

Afin de faciliter l'analyse, nous décomposons les prix relatifs de la production en niveaux relatifs de PTF et prix relatifs du capital, du travail et des intrants intermédiaires. Nous reformulons l'équation (8) et divisons chaque ratio de prix par le taux de change :

$$(9) \quad \ln RP_i = -\overline{v}_i^D + \overline{v}_i^K \ln RP_i^K + \overline{v}_i^L \ln RP_i^L + \overline{v}_i^M \ln RP_i^M ,$$

où RP_i est le prix relatif de la production, $\overline{v}_i^D$ est l'écart de PTF entre le Canada et les États-Unis dans l'industrie i, et RP_i^K, RP_i^L et RP_i^M sont les prix relatifs du capital, du travail et des intrants intermédiaires.

Les prix relatifs de la production, du capital, du travail et des intrants intermédiaires et les niveaux relatifs de la PTF en 1995 sont présentés au tableau 5.4. Cette année-là, plus de la moitié des industries canadiennes avaient un prix relatif de la production inférieur à celui de leur concurrente américaine.

En ce qui a trait à l'intrant capital, les prix étaient plus élevés au Canada qu'aux États-Unis dans 27 industries. En particulier, les prix de l'intrant capital au Canada étaient sensiblement supérieurs à ceux des États-Unis en 1995 dans les industries suivantes : mines métalliques, textiles, vêtement, meubles, papier, caoutchouc et plastiques, métaux primaires, véhicules automobiles, autre matériel de transport et fabrication diverse en 1995. Cependant, dans certaines industries canadiennes — par exemple l'extraction du charbon, le pétrole brut et le gaz naturel, le cuir et les autres services — les prix de l'intrant capital étaient inférieurs à ceux observés dans les industries américaines correspondantes. Tel qu'indiqué précédemment, il importe de garder à l'esprit que les différences de prix relatifs de l'intrant capital traduisent des différences non seulement des prix de l'investissement en capital mais aussi du prix de location de l'intrant capital.

Contrairement à la situation observée du côté des prix de l'intrant capital, toutes les industries canadiennes bénéficiaient d'un avantage sur leur rivale américaine au plan des coûts de main-d'œuvre et les variations des prix relatifs de l'intrant travail d'une industrie à l'autre étaient très limitées en 1995. En raison de cet écart de coûts de main-d'œuvre, les structures industrielles des deux pays diffèrent. Les industries canadiennes ont généralement un coefficient de main-d'œuvre plus élevé, tandis que les industries américaines ont tendance à être plus capitalisées. Cela est évident lorsque nous comparons l'intensité du capital (le ratio du stock de capital au nombre d'heures de travail) des deux pays. Ainsi, en 1993, l'intensité du capital au Canada (stock de capital fondé sur les PPA) n'atteignait que 79 p. 100 du niveau observé aux États-Unis[10].

Enfin, la plupart des industries canadiennes payaient à peu près le même prix pour leurs intrants intermédiaires que les industries américaines.

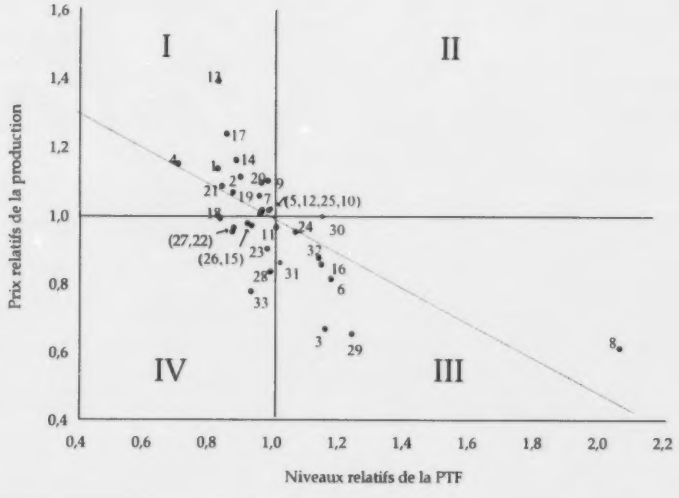
Aux fins d'examiner les liens entre la compétitivité, les niveaux relatifs de PTF et les prix relatifs des intrants, une corrélation simple entre ces variables constitue un bon point de départ. Le coefficient de corrélation entre les prix relatifs de la production et les niveaux relatifs de PTF est de -0,69 sur la base des données de 1995, tandis que pour le capital, le travail et les intrants

intermédiaires, les coefficients sont de 0,47, 0,16 et 0,12, respectivement. Ces coefficients indiquent que les variations des prix relatifs de la production entre les différentes industries sont étroitement liées aux écarts intersectoriels entre les niveaux relatifs de PTF.

Nous illustrons à la figure 5.2 la relation entre les prix de la production et les niveaux de PTF en traçant sur un graphique les prix relatifs de la production en fonction des niveaux relatifs de PTF, en 1995, pour les diverses industries au Canada et aux États-Unis. Afin de mieux faire ressortir la relation entre la compétitivité et les niveaux relatifs de PTF, nous avons divisé la figure en quatre quadrants.

Figure 5.2

Prix relatifs de la productivité par rapport aux niveaux relatifs de la PTF, 1995 (É.-U.=1,00)



Note : Les chiffres qui sous-tendent cette figure ont trait aux industries énumérées au tableau 5.2.

Tableau 5.4

Prix relatifs* et niveaux de la PTF par industrie, 1995 (É.-U. = 1,00)

Industrie	Production	PTF	Intrant capital	Intrant travail	Intrants intermédiaires
1. Agriculture, forêt et pêche	1,13	0,83	1,76	0,56	1,03
2. Mines métalliques	1,11	0,90	2,07	0,68	0,91
3. Mines de charbon	0,67	1,16	0,70	0,66	0,99
4. Pétrole brut et gaz	1,15	0,71	0,76	0,80	0,91
5. Mines non métalliques	1,00	0,96	1,31	0,69	0,96
6. Construction	0,81	1,18	1,31	0,83	1,00
7. Aliments	1,05	0,96	1,21	0,78	1,03
8. Tabac	0,61	2,06	1,74	0,69	1,29
9. Textiles	1,10	0,98	3,26	0,77	1,05
10. Vêtement	1,01	0,99	2,34	0,72	1,05
11. Bois d'œuvre et bois brut	0,96	1,01	1,20	0,98	0,92
12. Meubles	1,01	0,96	3,17	0,67	1,01
13. Papier	1,39	0,83	2,99	0,84	1,07
14. Imprimerie	1,16	0,88	1,96	0,80	1,05
15. Produits chimiques	0,97	0,93	1,01	0,59	1,01
16. Raffinage du pétrole	0,85	1,15	1,21	0,75	0,99
17. Caoutchouc et plastiques	1,23	0,85	2,20	0,79	1,04
18. Cuir	0,99	0,83	0,48	0,72	1,01
19. Pierre, argile et verre	1,06	0,87	1,49	0,71	0,95
20. Métaux primaires	1,09	0,96	2,24	0,79	1,05
21. Métaux ouvrés	1,08	0,84	1,54	0,66	0,98
22. Machines industrielles	0,96	0,88	1,12	0,64	0,96

Tableau 5.4 (suite)

Industrie	Production	PTF	Intrant capital	Intrant travail	Intrants intermédiaires
23. Machines électriques	0,90	0,98	1,35	0,64	0,92
24. Véhicules automobiles	0,95	1,07	3,50	0,56	1,02
25. Autre matériel de transport	1,01	0,98	2,70	0,70	1,02
26. Fabrication diverse	0,97	0,92	2,48	0,55	1,00
27. Transports et entreposage	0,95	0,87	1,10	0,64	0,93
28. Communications	0,83	0,99	0,91	0,66	0,89
29. Services publics d'électricité	0,65	1,24	0,75	0,79	0,87
30. Services publics de gaz	0,99	1,15	1,56	0,59	0,95
31. Commerce	0,86	1,02	1,47	0,76	0,89
32. Finances, assurances et immobilier	0,88	1,09	1,51	0,64	0,87
33. Autres services	0,77	0,93	0,32	0,73	0,88

Note : * Taux de la PPA divisés par le taux de change.

Dans les quadrants I et II, nous retrouvons les industries canadiennes qui sont moins concurrentielles que leurs rivales américaines, tandis que dans les quadrants III et IV, nous retrouvons les industries canadiennes qui sont plus concurrentielles que les industries américaines correspondantes. De la même façon, les industries canadiennes apparaissant dans les quadrants II et III sont plus productives que leurs concurrentes américaines, alors que les industries canadiennes relativement moins productives se retrouvent dans les quadrants I et IV.

En 1995, 15 industries canadiennes étaient moins compétitives et plus productives que les industries américaines correspondantes (quadrant I). Dans 7 industries (aliments, textiles, vêtement, papier, imprimerie, caoutchouc et plastiques, et métaux primaires), une faible productivité s'est conjuguée à des prix plus élevés des intrants (touchant les trois catégories d'intrants) pour réduire la compétitivité. Les faibles prix des intrants dans 6 des industries restantes n'ont pas suffi à compenser les effets d'une productivité plus faible et à rendre ces industries plus concurrentielles. Aucune industrie n'était à la fois moins compétitive et plus productive que sa rivale américaine (quadrant II).

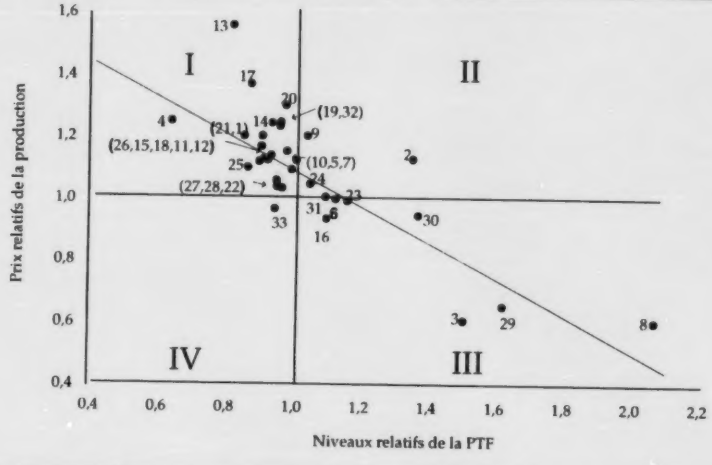
Un examen du quadrant III révèle que 10 industries canadiennes étaient plus compétitives et plus productives que l'industrie américaine correspondante. Sept de ces 10 industries — les mines de charbon, la construction, le bois d'œuvre et le bois brut, le raffinage du pétrole, les services publics d'électricité, les FAI (finances, assurances et immobilier) et le commerce— ont été identifiées parmi celles dont les prix des intrants étaient relativement moins élevés que ceux de leur rivale américaine. Les trois autres industries — le tabac, les services publics de gaz et les véhicules automobiles — affichaient des prix des intrants plus élevés que ceux de leur concurrente américaine, mais la différence n'était pas suffisamment importante pour les rendre moins concurrentielles que les industries américaines.

Enfin, le quadrant IV montre les industries où le Canada était plus concurrentiel, mais moins productif, que les États-Unis : les produits chimiques, le cuir, les machines industrielles, les machines électriques, la fabrication diverse, les communications, les transports et l'entreposage, et les autres services. La position concurrentielle du Canada dans ces industries découlait de prix moins élevés pour les intrants plutôt que de niveaux plus élevés de PTF. Ainsi, il semblerait que le principal facteur expliquant les différences de compétitivité internationale parmi les industries est l'écart entre les niveaux relatifs de PTF.

Cependant, les fluctuations de la compétitivité internationale au fil du temps subissent fortement l'influence des variations du taux de change, par le truchement des prix relatifs des intrants. À titre d'illustration, nous comparons la compétitivité internationale en 1988 et en 1995. À la figure 5.3, nous avons tracé les prix relatifs par rapport aux niveaux relatifs de PTF en 1988. Cette année-là, 8 industries canadiennes seulement étaient plus compétitives que leurs rivales américaines, contre 18 industries en 1995. Ce changement s'explique par le fait que le dollar canadien a perdu plus de 10 p. 100 de sa valeur durant la période écoulée. Si le taux de change en 1995 était demeuré à son niveau de 1988, 9 industries canadiennes seulement auraient été plus compétitives que leur rivale américaine. En outre, plusieurs industries canadiennes — le bois d'œuvre et le bois brut, les produits chimiques, le cuir, les machines industrielles, les véhicules automobiles, la fabrication diverse, le transport et l'entreposage, et les communications — auraient perdu du terrain et seraient devenues moins concurrentielles que les industries américaines correspondantes en 1995.

Figure 5.3

Prix relatifs de la production par rapport aux niveaux relatifs de la PTF, 1988 (É.-U.=1,00)



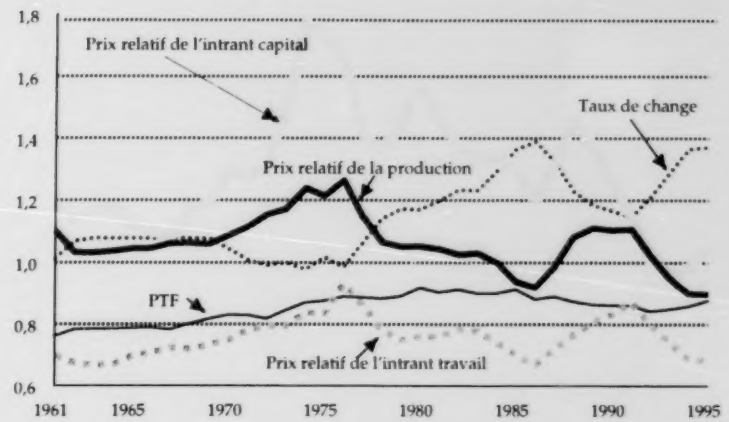
Note : Les chiffres qui sous-tendent cette figure ont trait aux industries énumérées au tableau 5.2.

5.5 Différences de productivité et de compétitivité internationale entre le Canada et les États-Unis dans le secteur des entreprises privées

DANS CETTE SECTION, nous examinons la performance relative du secteur des entreprises privées au Canada et aux États-Unis en ce qui a trait aux niveaux de PTF et de compétitivité au cours de la période 1961-1995[11]. Nous illustrons à la figure 5.4 les niveaux relatifs de PTF, les niveaux relatifs des prix des produits et des intrants, et le taux de change.

Les résultats montrent que les niveaux de PTF au Canada étaient en voie de rattraper les niveaux américains, passant de 76 p. 100 du niveau observé aux États-Unis en 1961 à près de 92 p. 100 en 1980. Cependant, l'écart entre les deux pays s'est creusé à nouveau après 1985 et atteignait 12 p. 100 en 1995.

Figure 5.4
Productivité relative et compétitivité du Canada et des États-Unis dans le secteur des entreprises privées (É.-U.=1,00)



Dans l'intervalle, la position concurrentielle relative du Canada s'est détériorée entre 1963 et 1976. Cette détérioration aurait été beaucoup plus sérieuse n'eut été de l'amélioration des niveaux relatifs de la PTF survenue dans le secteur des entreprises au Canada durant cette période. La position concurrentielle du Canada s'est aussi améliorée entre 1976 et 1995, non en raison de l'amélioration de la PTF, mais à cause de la dépréciation du dollar canadien par le mécanisme des prix relatifs des intrants.

Les prix relatifs du travail ont tendance à suivre l'évolution des prix relatifs des produits. En dépit de la volatilité du taux de change, les coûts de main-d'œuvre ont été systématiquement moins élevés au Canada qu'aux États-Unis au cours de la période de 35 ans étudiée, soit 1961-1995. En outre, la tendance a été assez stable sur l'ensemble de cette période. Par contre, les prix relatifs de l'intrant capital ont été beaucoup plus instables. Depuis 1975, les prix relatifs de l'intrant capital ont fléchi, suivant en cela la tendance à la dépréciation du dollar canadien. De façon générale, toutefois, ils sont demeurés plus élevés au Canada qu'aux États-Unis, sauf en 1993 et 1994.

5.6 Sommaire et conclusion

CETTE ÉTUDE FAIT RESSORTIR L'IMPORTANCE CRITIQUE d'utiliser les PPA plutôt que le taux de change du marché pour évaluer les niveaux relatifs de productivité et la compétitivité internationale des deux pays. Les PPA varient entre les industries et les catégories de produits et d'intrants. En utilisant un cadre commun et des ensembles de données comparables, nous avons pu constater que 23 industries canadiennes sur 33 avaient des niveaux de PTF inférieurs à ceux des industries correspondantes aux États-Unis en 1995. Les niveaux relatifs de PTF sont un élément important de l'explication de la compétitivité internationale. Notre analyse indique que les industries canadiennes qui ont une productivité relative élevée par rapport à leur rivale américaine ont tendance à être plus concurrentielles. Avec le temps, toutefois, les mouvements du taux de change semblent être le facteur le plus important de la compétitivité internationale. Entre 1988 et 1995, la chute du taux de change a aidé 9 industries canadiennes à devenir plus concurrentielles que leur rivale américaine.

Notre analyse du secteur des entreprises privées corrobore nos résultats au niveau de l'industrie, qui montrent que les mouvements du taux de change coïncident avec les variations des prix relatifs de la production. Entre 1976 et 1995, alors que la compétitivité du secteur des entreprises privées au Canada s'améliorait par rapport à celle du secteur correspondant aux États-Unis, la performance relative du Canada au chapitre de la PTF n'a pas progressé, en dépit d'un léger regain après 1993.

Cette étude représente un premier pas vers une meilleure compréhension des différences de productivité et de compétitivité internationale entre le Canada et les États-Unis. Un certain nombre de raffinements pourraient s'avérer fructueux à cet égard. Premièrement, il serait utile de recueillir plus de données comparatives sur les prix au Canada et aux États-Unis afin d'accroître la fiabilité des estimations des PPA. Une seconde piste de recherche serait d'étendre la gamme des catégories d'actif pour le Canada en vue de les faire correspondre aux catégories utilisées par Jorgenson ou à celles du Bureau of Labor Statistics pour les États-Unis. La recherche future pourrait aussi profiter d'une évaluation de la comparabilité des tableaux E-S des deux pays, en accordant une attention particulière aux données sur la rémunération du capital.

Notes

1 Une description des données est présentée dans le dernier chapitre.

2 Voir le chapitre 4 pour plus de détails sur les sources de données.

3 Les tableaux E-S pour les deux pays englobent les matrices de fabrication, d'utilisation, de la demande finale et des flux d'investissement.

4 Les tableaux E-S pour le Canada sont agrégés à partir de 479 biens et 170 industries; les tableaux pour les États-Unis sont agrégés à partir de 541 biens et 541 industries.

5 Ce sont les PPA de 1993, agrégées à partir des données portant sur plus de 2 000 biens obtenues de Statistique Canada. Statistique Canada utilise ces données pour estimer une PPA bilatérale au niveau du PIB entre le Canada et les États-Unis.

6 Même si ces 249 biens englobent tous les biens figurant dans les tableaux E-S, certains peuvent ne pas être utilisés comme intrants. Dans ce cas, ils n'entrent pas dans les calculs des PPA des intrants.

7 Hooper et Vrankovich (1995) rajustent les PPA des biens pour tenir compte du commerce international en construisant des PPA pour la production. Notre analyse montre que l'intégration de cette méthodologie ne change pas de façon significative les résultats obtenus parce qu'elle est fondée sur deux hypothèses restrictives : tant les prix des exportations que les prix des importations équivalent aux prix mondiaux; en outre, les prix mondiaux sont égaux à la moyenne des prix des deux pays, pondérés en fonction de leurs dépenses respectives. Puisque nous sommes incapables de justifier ces deux hypothèses, nous utilisons les PPA de la production sans rajustement pour tenir compte du commerce international.

8 La PPA bilatérale pour la valeur ajoutée de l'ensemble de l'économie, telle que calculée par Statistique Canada, correspond approximativement à la PPA de la production du secteur des entreprises privées.

9 Une évaluation des conséquences des rajustements des intrants capital et travail pour tenir compte de la qualité aux fins de l'estimation des niveaux relatifs de PTF est présentée dans l'annexe au présent chapitre.

10 L'intensité du capital au Canada repose sur un autre ensemble d'estimations du stock de capital produit par la Division de l'investissement et du stock de capital, de Statistique Canada. Cet ensemble de données sur le stock de capital est estimé

à l'aide de la même formule d'amortissement dégressif à taux double que celle utilisée aux États-Unis. L'intensité du capital au Canada serait beaucoup moins élevée si nous utilisions les données sur le stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada (voir les détails à l'appendice G).

11 La fonction de prix agrégée représente le prix de la valeur ajoutée comme une fonction des prix des intrants capital et travail, de sorte que le prix des intrants intermédiaires est exclu. De la même façon que pour l'équation (8), la différence des logarithmes des niveaux de PTF entre le secteur des entreprises privées au Canada et aux États-Unis peut être exprimée comme étant la valeur négative de la différence entre le logarithme des prix de la valeur ajoutée et une valeur pondérée des différences entre les logarithmes des prix des intrants capital et travail.

Annexe : Qualité des intrants capital et travail et niveaux relatifs de la PTF

DANS CETTE ANNEXE, NOUS COMPARONS les niveaux relatifs de la qualité des intrants capital et travail au Canada et aux États-Unis, pour ensuite évaluer leurs répercussions sur les niveaux relatifs de la PTF. À l'exemple de Dougherty (1992), nous estimons les niveaux relatifs de l'intrant capital (rajustés en fonction de la PPA) pour le Canada et les États-Unis, en pondérant chaque catégorie d'actif (M et M, structures, terrains et stocks) par la part de la rémunération moyenne dans les deux pays :

$$\text{(A-1)}\quad \ln\left[K_i(Can)/K_i(US)\right]=\sum_{k=1}^{4} 1/2\left[v_{i,k}^{K}(Can)+v_{i,k}^{K}(US)\right]\ln\left[A_{i,k}(Can)/A_{i,k}(US)\right].$$

Ici, $K_i\,(S)$ désigne l'intrant capital dans l'industrie i, et le pays S, $v_{i,k}^{K}(S)$ est la part de la rémunération du capital de la catégorie d'actif k dans la rémunération totale du capital de l'industrie i dans le pays S, tandis que $A_{i,k}\,(S)$ est le stock net de la catégorie de biens en capital k dans l'industrie i et le pays S. Nous utilisons ensuite l'expression suivante pour estimer les niveaux relatifs de la qualité du capital au Canada et aux États-Unis :

$$\text{(A-2)}\quad \ln\left[q_i^k\,(Can)/q_i^k\,(US)\right]=\ln\left[K_i\,(Can)/K_i\,(US)\right]-\ln\left[A_i\,(Can)/A_i\,(US)\right],$$

où $A_i\,(S)=\sum_{k=1}^{4} A_{i,k}\,(S)$ désigne le stock total de capital de l'industrie i du pays S.

De la même façon que pour l'intrant capital, les niveaux relatifs de l'intrant travail au Canada et aux États-Unis dans l'industrie i peuvent être exprimés ainsi :

$$\text{(A-3)}\quad \ln\left[L_i(Can)/L_i(US)\right]=\sum_{j=1}^{112} 1/2\left[v_{i,j}^{L}(Can)+v_{i,j}^{L}(US)\right]\ln\left[H_{i,j}(Can)/H_{i,j}(US)\right],$$

où $v_{i,j}^{L}(S)$ désigne les parts de la rémunération de la main-d'œuvre des travailleurs de la catégorie j dans l'industrie i et le pays S, tandis que $H_{i,j}(S)$ désigne le nombre d'heures travaillées par les travailleurs de la catégorie j

dans l'industrie i et le pays S. Comme pour la qualité du capital, les niveaux relatifs de qualité du travail sont estimés par l'expression suivante :

$$\text{(A-4)} \quad \ln\left[q_i^L(Can)/q_i^L(US)\right] = \ln\left[L_i(Can)/L_i(US)\right] - \ln\left[H_i(Can)/H_i(US)\right],$$

où $H_i(S) = \sum_{j=1}^{12} H_{ij}(S)$

est le nombre total d'heures travaillées par toutes les catégories de travailleurs de l'industrie i dans le pays S.

Nous utilisons ensuite les niveaux relatifs de qualité des intrants capital et travail pour estimer les niveaux relatifs de la PTF brute (communément appelée le résidu relatif de Solow). La relation entre les niveaux relatifs de la PTF brute et nos estimations des niveaux relatifs de la PTF est donnée ci-dessous :

$$\text{(A-5)} \quad \overline{\varphi}_i^D = \overline{v}_i^D + \overline{v}_i^K \ln\left[\frac{q_i^K(Can)}{q_i^K(US)}\right] + \overline{v}_i^L \ln\left[\frac{q_i^L(Can)}{q_i^L(US)}\right],$$

où $\overline{\varphi}_i^D$ est la PTF brute, $\overline{v}_i^D$ est la PTF, et $\overline{v}_i^K$ et $\overline{v}_i^L$ sont les parts moyennes de la rémunération du capital et du travail des deux pays, dans l'industrie i, tel qu'expliqué à la section 5.3.

Au tableau 5.A1, nous présentons les niveaux relatifs de qualité des intrants capital et travail en évaluant leurs répercussions sur les niveaux relatifs de la PTF. De façon générale, il y a une certaine variation parmi les industries dans les niveaux relatifs de la qualité du capital, entre le Canada et les États-Unis. Par ailleurs, la qualité du travail au Canada est légèrement inférieure à celle des États-Unis dans presque toutes les industries. Dans la plupart des cas, l'effet de la qualité du capital est compensé par celui de la qualité du travail, résultant en un léger écart entre les niveaux relatifs de la PTF brute et les niveaux estimatifs de la PTF, qui tient compte des différences de qualité des intrants capital et travail.

Tableau 5.A1

Niveaux relatifs de la qualité du capital et du travail et niveaux de PTF, 1995 (É.-U. = 1,00)

Industrie	Qualité du capital	Qualité du travail	PTF	PTF brute
1. Agriculture, forêt et pêche	1,57	0,99	0,83	0,89
2. Mines métalliques	0,92	0,96	0,90	0,86
3. Mines de charbon	0,83	0,98	1,16	1,09
4. Pétrole brut et gaz	0,91	0,92	0,71	0,66
5. Mines non métalliques	0,93	1,00	0,96	0,94
6. Construction	1,02	0,97	1,18	1,16
7. Aliments	1,00	0,95	0,96	0,95
8. Tabac	0,95	1,01	2,06	2,02
9. Textiles	0,98	1,01	0,98	0,98
10. Vêtement	1,00	0,97	0,99	0,98
11. Bois d'œuvre et bois brut	1,06	0,97	1,01	1,01
12. Meubles	0,99	0,98	0,96	0,96
13. Papier	1,11	1,00	0,83	0,84
14. Imprimerie	0,93	0,96	0,88	0,86
15. Produits chimiques	1,01	0,96	0,93	0,92
16. Raffinage du pétrole	0,74	0,99	1,15	1,12
17. Caoutchouc et plastiques	1,12	0,97	0,85	0,86
18. Cuir	1,11	0,95	0,83	0,83
19. Pierre, argile et verre	1,07	0,98	0,87	0,88
20. Métaux primaires	1,20	0,97	0,96	0,97
21. Métaux ouvrés	1,05	0,98	0,84	0,84
22. Machines industrielles	1,04	0,96	0,88	0,87
23. Machines électriques	0,87	0,98	0,98	0,96
24. Véhicules automobiles	1,67	0,94	1,07	1,09
25. Autre matériel de transport	0,88	0,95	0,98	0,95
26. Fabrication diverse	0,93	0,91	0,92	0,88
27. Transports et entreposage	0,81	0,97	0,87	0,84
28. Communications	1,00	0,97	0,99	0,98
29. Services publics d'électricité	0,98	0,98	1,24	1,22
30. Services publics de gaz	0,97	0,96	1,15	1,13
31. Commerce	0,83	0,95	1,02	0,97
32. Finances, assurances et immobilier	0,96	0,84	1,09	1,02
33. Autres services	1,00	0,94	0,93	0,90
Secteur des entreprises privées	1,02	0,97	0,88	0,86

Appendice A :
Estimation de la production aux États-Unis

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

NOUS UTILISONS les comptes du produit et du revenu national (NIPA) comme source première de données. Ces données correspondent à la plus récente révision de référence publiée par le Bureau of Economic Analysis (BEA) le 29 octobre 1999. Elles permettent de mesurer l'investissement et la consommation en dollars courants et en dollars chaînés de 1996. Le cadre d'analyse mis au point par Christensen et Jorgenson (1973) nécessite toutefois une interprétation un peu plus large de la production que celle des comptes nationaux. Ce qui est le plus important, le traitement des biens de consommation durables est symétrique à celui des biens d'investissement, parce qu'il s'agit d'éléments d'actif à long terme qui sont accumulés et qui produisent un flux de services sur toute leur durée utile. Nous utilisons un prix de location pour imputer un flux de services liés aux biens de consommation durables tant à la production destinée à la consommation qu'à l'intrant capital. Nous employons aussi un prix de location pour attribuer une valeur implicite relativement modeste aux flux de services liés aux logements de type propriétaire-occupant et aux installations institutionnelles.

Le tableau A.1 renferme les séries chronologiques de la production totale en dollars courants et les indices de prix correspondants pour la période 1959-1998. Il comprend aussi des données sur la valeur en dollars courants et les indices de prix des composantes des biens de technologie de l'information – investissement en ordinateurs, en logiciels et en matériel de communications, consommation d'ordinateurs et de logiciels, et flux de services imputés pour les ordinateurs et les logiciels qui constituent des biens de consommation durables – comme l'indique l'équation (4) du chapitre 2.

Tableau A.1

Production intérieure privée et biens de haute technologie

Année	Production intérieure privée		Investissement en ordinateurs		Investissement en logiciels		Investissement en matériel de communications		Consommation d'ordinateurs et de logiciels		Services liés à la consommation d'ordinateurs et de logiciels	
	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix
1959	484,1	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
1960	472,8	0,24	0,20	697,30	0,10	0,61	2,30	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
1961	490,1	0,24	0,30	522,97	0,20	0,62	2,70	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
1962	527,1	0,25	0,30	369,16	0,20	0,63	3,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
1963	562,1	0,25	0,70	276,29	0,40	0,63	2,90	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
1964	606,4	0,26	0,90	229,60	0,50	0,64	3,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
1965	664,2	0,26	1,20	188,74	0,70	0,65	3,50	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
1966	728,9	0,27	1,70	132,70	1,00	0,66	4,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
1967	763,1	0,28	1,90	107,71	1,20	0,67	4,20	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	811,0	0,28	1,90	92,00	1,30	0,68	4,70	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	877,7	0,29	2,40	83,26	1,80	0,70	5,80	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	937,9	0,31	2,70	74,81	2,30	0,73	6,70	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00
1971	991,5	0,32	2,80	56,98	2,40	0,73	6,80	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	1 102,9	0,33	3,50	45,93	2,80	0,73	6,80	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	1 255,0	0,36	3,50	43,53	3,20	0,75	8,40	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	1 345,9	0,38	3,90	35,55	3,90	0,80	9,40	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	1 472,7	0,42	3,60	32,89	4,80	0,85	9,70	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	1 643,0	0,44	4,40	27,47	5,20	0,87	11,10	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
1977	1 828,1	0,47	5,70	23,90	5,50	0,89	14,40	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	2 080,4	0,50	7,60	16,17	6,60	0,90	17,70	0,81	0,10	33,68	0,02	17,84
1979	2 377,8	0,56	10,20	13,40	8,70	0,95	21,40	0,83	0,10	32,81	0,07	19,01

Tableau A.1 (suite)

	Production intérieure privée		Investissement en ordinateurs		Investissement en logiciels		Investissement en matériel de communications		Consommation d'ordinateurs et de logiciels		Services liés à la consommation d'ordinateurs et de logiciels	
Année	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix
1980	2 525,9	0,59	12,50	10,46	10,70	1,01	25,70	0,88	0,20	22,11	0,20	25,93
1981	2 825,6	0,65	17,10	9,19	12,90	1,07	29,00	0,96	0,40	18,79	0,25	13,90
1982	2 953,5	0,69	18,90	8,22	15,40	1,12	31,10	1,01	1,40	15,12	0,74	11,96
1983	3 207,7	0,72	23,90	6,86	18,00	1,13	31,90	1,03	2,90	10,71	2,07	10,39
1984	3 610,3	0,75	31,60	5,55	22,10	1,14	36,60	1,07	3,00	9,41	2,37	6,07
1985	3 844,1	0,76	33,70	4,72	25,60	1,13	39,90	1,09	2,90	8,68	2,70	4,93
1986	3 967,4	0,76	33,40	4,06	27,80	1,12	42,10	1,10	5,20	6,54	4,84	5,61
1987	4 310,8	0,79	35,80	3,46	31,40	1,12	42,10	1,10	6,20	5,91	4,91	3,54
1988	4 766,1	0,84	38,00	3,21	36,70	1,14	46,70	1,10	8,20	5,41	6,65	3,24
1989	5 070,5	0,86	43,10	3,00	44,40	1,11	46,90	1,10	8,30	5,02	7,89	2,85
1990	5 346,8	0,89	38,60	2,72	50,20	1,09	47,50	1,11	8,90	4,22	10,46	2,97
1991	5 427,2	0,91	37,70	2,45	56,60	1,10	45,70	1,11	11,90	3,53	11,66	2,44
1992	5 672,4	0,92	43,60	2,09	60,80	1,04	47,80	1,10	12,10	2,68	14,96	2,25
1993	5 901,8	0,93	47,20	1,78	69,40	1,04	48,20	1,09	14,50	2,07	16,26	1,71
1994	6 374,4	0,96	51,30	1,57	75,50	1,02	54,70	1,07	18,00	1,81	16,14	1,17
1995	6 674,4	0,97	64,60	1,31	83,50	1,02	60,00	1,03	21,00	1,44	22,64	1,13
1996	7 161,2	1,00	70,90	1,00	95,10	1,00	65,60	1,00	23,60	1,00	30,19	1,00
1997	7 701,8	1,02	76,70	0,78	106,60	0,97	73,00	0,99	26,20	0,69	33,68	0,71
1998	8 013,3	1,01	88,51	0,57	123,41	0,96	83,60	0,97	30,40	0,48	36,53	0,48

Nota : Les valeurs sont exprimées en milliards de dollars courants. Tous les indices de prix sont normalisés à la valeur 1,0 en 1996.

Appendice B :
Estimation des services du capital aux États-Unis

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

B.1 Méthodologie d'estimation des services du capital

NOUS PRÉSENTONS D'ABORD UNE NOTATION pour les mesures de l'investissement, du stock de capital et des services du capital, tant pour les éléments d'actif individuels que pour les agrégats. Pour les éléments d'actif individuels :

$I_{i,t}$: quantité d'investissement en bien i à la période t
$P_{i,t}$: prix de l'investissement en bien i à la période t
δ_i : taux d'amortissement géométrique du bien i
$S_{i,t}$: quantité du stock de capital en bien i à la période t
$P_{i,t}$: prix du stock de capital en bien i à la période t
$K_{i,t}$: quantité de services du capital liés au bien i à la période t
$c_{i,t}$: prix des services du capital liés au bien i à la période t,

où l'indice i désigne différentes catégories d'actif matériel : les machines et structures, ainsi que les biens de consommation durables, les stocks et les terrains, dans tous les cas pour la période t.

Pour les agrégats au niveau de l'ensemble de l'économie :

I_t : indice de quantité de l'investissement global à la période t
$P_{I,t}$: indice de prix de l'investissement global à la période t
S_t : indice de quantité du stock global de capital à la période t
$P_{S,t}$: indice de prix du stock global de capital à la période t
K_t : indice de quantité de l'ensemble des services du capital à la période t
c_t : prix des services du capital à la période t
$q_{K,t}$: indice de qualité de l'ensemble des services du capital à la période t.

Nous prenons comme point de départ l'investissement dans les éléments d'actif individuels. Nous supposons que l'indice de prix pour chacun des éléments d'actif mesure des biens d'investissement dans des « unités

de rendement » ayant une productivité identique au fil du temps. Ainsi, les déflateurs de prix à qualité constante des NIPA mesurent l'augmentation importante de la puissance de traitement des ordinateurs sous la forme d'une baisse du prix des ordinateurs[1]. Un ordinateur plus rapide est donc représenté par un niveau plus élevé de $I_{i,t}$ au cours d'une période de temps donnée et par une accumulation plus importante de $S_{i,t}$, comme le mesure l'équation de l'inventaire permanent :

$$(1) \qquad S_{i,t} = S_{i,t-1}(1-\delta_i) + I_{i,t} = \sum_{\tau=0}^{\infty}(1-\delta_i)^{\tau} I_{i,t-\tau},$$

où l'on suppose que le capital se déprécie de façon géométrique au taux δ_i.

L'équation (1) donne lieu à une interprétation familière : le stock de capital est la somme pondérée des investissements passés, où les facteurs de pondération sont calculés en fonction du profil d'efficience relative du capital de générations différentes. De plus, comme $S_{i,t}$ est mesuré en unités de rendement de l'année de base, le prix pertinent pour évaluer le stock de capital est simplement l'indice de prix de l'investissement, $P_{i,t}$. En outre, $S_{i,t}$ représente le stock de capital installé, mais nous nous intéressons à $K_{i,t}$, le flux de services du capital provenant de ce stock au cours d'une période donnée. Cette distinction n'est pas essentielle au niveau des éléments d'actif individuels, mais elle devient importante lorsque nous faisons l'agrégation d'éléments d'actif hétérogènes.

Pour les éléments d'actif individuels, nous supposons que le flux des services du capital est proportionnel à la moyenne du stock disponible à la fin de la période courante et de la période précédente :

$$(2) \qquad K_{i,t} = q_i \frac{(S_{i,t} + S_{i,t-1})}{2},$$

où q_i désigne cette constante de proportionnalité, dont la valeur est fixée à l'unité. Soulignons que cette méthode diffère de celle employée dans nos travaux antérieurs [par exemple, Jorgenson (1990), Jorgenson et Stiroh (1999), et Ho, Jorgenson et Stiroh (1999)], où nous avions supposé que le flux des services du capital était proportionnel à la valeur décalée du stock des éléments d'actif individuels.

Notre approche suppose que toute amélioration des caractéristiques des intrants, telle qu'un processeur plus rapide dans un ordinateur, est intégrée à l'investissement $I_{i,t}$ par la procédure de déflation des données nominales sur l'investissement. En d'autres termes, les indices de prix de l'investissement permettent de transformer les générations récentes d'éléments d'actif en un nombre équivalent d'unités de rendement des générations antérieures. Cette approche est compatible avec l'hypothèse d'une substituabilité parfaite entre les générations d'actif et l'utilisation que nous faisons de la méthode de l'inventaire permanent, en vertu de laquelle les diverses générations de capital ont des caractéristiques de productivité différentes en raison du terme de dépréciation lié à l'âge. Nous estimons un prix des services du capital qui correspond au flux (quantité) de services du capital à l'aide d'une formule de prix de location. En situation d'équilibre, un investisseur sera indifférent face à deux possibilités : obtenir un taux de rendement nominal, i_t, sur un placement différent ou acquérir une unité de capital, percevoir un droit de location puis vendre l'élément d'actif déprécié au cours de la période suivante. La condition d'équilibre est donc la suivante :

$$(3) \qquad (1+i_t)P_{i,t-1} = c_{i,t} + (1-\delta_i)P_{i,t},$$

en réarrangeant les termes, on obtient une variante de l'équation familière du coût du capital :

$$(4) \qquad c_{i,t} = (i_t - \pi_{i,t})P_{i,t-1} + \delta_i P_{i,t},$$

où le terme des gains en capital propres à chaque élément d'actif est : $\pi_{i,t} = (P_{i,t} - P_{i,t-1}) / P_{i,t-1}$.

Cette formulation du coût du capital comprend effectivement des termes qui tiennent compte de la réévaluation des éléments d'actif. Si un investisseur prévoit réaliser un gain en capital sur son placement, il sera disposé à accepter un prix moins élevé pour les services du capital. En revanche, les investisseurs exigent des prix plus élevés pour les services de certains éléments d'actif comme les ordinateurs qui entraînent des pertes en capital élevées. Sur le plan empirique, l'emploi de termes de réévaluation spécifiques aux divers éléments d'actif peut se révéler problématique parce que d'importantes variations de prix d'une période à l'autre peuvent produire des prix de location négatifs. Cependant, les termes de réévaluation propres aux éléments d'actif deviennent de plus en plus importants à mesure que

baissent les prix des biens de haute technologie. Ainsi, Jorgenson et Stiroh (1999) ont inclus des termes de réévaluation des éléments d'actif au niveau de l'ensemble de l'économie pour tous les biens et estimé que l'apport des ordinateurs à la croissance avait été relativement modeste.

Comme l'ont évoqué Jorgenson et Yun (1991), les considérations d'ordre fiscal jouent aussi un rôle important dans le calcul des prix de location. En retenant leur argument, nous avons tenu compte des crédits d'impôt à l'investissement, des déductions pour amortissement, des taux d'impôt prévus par la loi, des taxes foncières, du ratio de financement par endettement et des impôts personnels dans l'estimation d'un taux de rendement réel après impôt sur les divers éléments d'actif, $r_{i,t}$, qui entre dans la formule du coût du capital :

$$(5) \qquad c_{i,t} = \frac{1 - ITC_{i,t} - \tau_t Z_{i,t}}{1 - \tau_t} \left[r_{i,t} P_{i,t-1} + \delta_i P_{i,t} \right] + \tau_p P_{i,t-1},$$

où $ITC_{i,t}$ est le crédit d'impôt à l'investissement, τ_t est le taux d'impôt prévu par la loi, $Z_{i,t}$ est la déduction pour amortissement, τ_p est un taux de taxe foncière, le tout pour le bien i à la période t, et où $r_{i,t}$ est calculé à l'aide de l'expression suivante :

$$(6) \qquad r_{i,t} = \beta[(1-\tau_t)i_t - \pi_{i,t}] + (1-\beta)\left[\frac{\rho_t - \pi_{i,t}(1 - t_q^g)}{(1 - t_q^g)\alpha + (1 - t_q^g)(1-\alpha)} \right],$$

où β est le ratio d'endettement, i_t représente les frais d'intérêt sur la dette, ρ_t est le taux de rendement des fonds propres, α est le ratio dividendes-bénéfices, et t_q^g et t_q^e sont les taux d'imposition des gains en capital et des dividendes, respectivement. $\pi_{i,t}$ est le taux d'inflation du bien i, ce qui permet à $r_{i,t}$ de varier entre les différents éléments d'actif[2].

Les équations (1) à (6) décrivent le processus d'estimation du prix et de la quantité de services du capital pour les éléments d'actif individuels : $P_{i,t}$ et $I_{i,t}$ pour l'investissement, $P_{i,t}$ et $S_{i,t}$ pour le stock de capital, et $c_{i,t}$ et $K_{i,t}$ pour les services du capital. Pour les besoins de l'analyse d'une fonction de production globale, il nous faut une mesure globale des services du capital, $K_t = f(K_{1,t}, K_{2,t}, \ldots K_{n,t})$, où n comprend tous les types d'immobilisations reproductibles, les biens de consommation durables, les stocks et les terrains. Nous employons des indices de quantité pour obtenir des séries agrégées sur les services du capital, le stock de capital et l'investissement[3].

Nous employons des indices de quantité pour obtenir des séries agrégées sur les services du capital, le stock de capital et l'investissement[3].

Le taux de croissance des services du capital au niveau agrégé est défini comme étant la moyenne pondérée des taux de croissance des composantes :

$$(7) \qquad \Delta \ln K_t = \sum_i \overline{v}_{i,t} \Delta \ln K_{i,t},$$

où les facteurs de pondération sont les parts du revenu du capital en valeur :

$$(8) \qquad \overline{v}_{i,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{c_{i,t} K_{i,t}}{\sum_i c_{i,t} K_{i,t}} + \frac{c_{i,t-1} K_{i,t-1}}{\sum_i c_{i,t-1} K_{i,t-1}} \right),$$

et l'indice des prix des services du capital au niveau agrégé est défini par l'expression suivante :

$$(9) \qquad c_t = \frac{\sum_i c_{i,t} K_{i,t}}{K_t}.$$

De même, l'indice de quantité du stock de capital est donné par l'expression :

$$(10) \qquad \Delta \ln S_t = \sum_i \overline{w}_{i,t} \Delta \ln S_{i,t},$$

où les facteurs de pondération sont les parts du stock de capital global :

$$(11) \qquad \overline{w}_{i,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,t} S_{i,t}}{\sum_i P_{i,t} S_{i,t}} + \frac{P_{i,t-1} S_{i,t-1}}{\sum_i P_{i,t-1} S_{i,t-1}} \right),$$

tandis que l'indice des prix du stock de capital global est :

$$(12) \qquad P_{S,t} = \frac{\sum_i P_{i,t} S_{i,t}}{S_t}.$$

Enfin, l'indice de quantité de l'investissement au niveau agrégé est donné par l'expression suivante :

$$(13) \quad \Delta \ln I_t = \sum_i \overline{u}_{i,t} \Delta \ln I_{i,t},$$

où les facteurs de pondération sont maintenant les parts de la valeur de l'investissement global :

$$(14) \quad \overline{u}_{i,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,t} I_{i,t}}{\sum_i P_{i,t} I_{i,t}} + \frac{P_{i,t-1} I_{i,t-1}}{\sum_i P_{i,t-1} I_{i,t-1}} \right),$$

tandis que l'indice des prix de l'investissement global est :

$$(15) \quad P_{I,t} = \frac{\sum_i P_{i,t} I_{i,t}}{I_t}.$$

L'aspect le plus important de ce processus de dérivation est la différence entre le taux de croissance des services du capital au niveau agrégé, donné par l'équation (7), et le taux de croissance du stock de capital, donné par l'équation (10); deux éléments expliquent cet écart. Premièrement, les facteurs de pondération sont différents. L'indice des services du capital au niveau agrégé est calculé en utilisant les prix de location comme facteurs de pondération, tandis que l'indice du stock de capital global est calculé à l'aide des prix de l'investissement. Les éléments d'actif dont le prix diminue rapidement ont un prix de location relativement élevé. Deuxièmement, comme le montre l'équation (2), les services du capital sont proportionnels à la moyenne des stocks de deux périodes, de sorte que le rythme de croissance des services du capital diffère de celui du stock de capital. Dans un contexte stationnaire avec un ratio capital-production fixe, cette distinction n'est pas significative mais, si l'accumulation d'éléments d'actif s'accélère ou ralentit, cette différence devient importante.

Un autre point à souligner est que nous pouvons définir un « indice global de qualité du capital », $q_{K,t}$, par analogie à l'équation (2). À cette fin, si $q_{K,t} = K_t /((S_t+S_{t-1})/2)$, il s'ensuit que la croissance de la qualité du capital est définie par l'expression suivante :

$$(16) \quad \Delta \ln q_{K,t} = \Delta \ln K_t - \Delta \ln\left(\frac{(S_t + S_{t-1})}{2} \right) = \sum_i (\overline{v}_{i,t} - \overline{w}_{i,t}) \Delta \ln\left(\frac{(S_{i,t} + S_{t-1,i})}{2} \right).$$

Selon l'équation (16), la croissance de la qualité du capital équivaut à la différence entre l'augmentation des services du capital et la hausse du stock de capital moyen. Cette différence reflète une substitution en faveur d'éléments d'actif ayant des facteurs de pondération sous forme de prix de location relativement élevés et des produits marginaux élevés. À titre d'exemple, le prix de location des ordinateurs diminue rapidement avec la baisse des prix, ce qui favorise une substitution en faveur des ordinateurs et une accumulation rapide de capital. Toutefois, le taux de dépréciation élevé et la forte valeur négative du terme de réévaluation signifient que les ordinateurs ont un produit marginal élevé, de sorte que le facteur de pondération du prix de location dépasse largement le facteur de pondération du prix de l'élément d'actif. Notre indice de la qualité du capital permet de saisir cette substitution en faveur des éléments d'actif qui ont un produit marginal plus élevé.

B.2 Données sur l'investissement et le capital

NOTRE PRINCIPALE SOURCE DE DONNÉES pour l'estimation du flux des services du capital est *Investment Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1925-1997* (BEA, 1998c). Cet ouvrage renferme des données historiques sur le coût de l'investissement en dollars courants et des indices de quantité chaînés pour 47 catégories d'éléments d'actif non résidentiels, cinq catégories d'éléments d'actif résidentiels et 13 catégories de biens de consommation durables couvrant la période 1925-1997. Le tableau B.1 présente notre nouvelle classification des données du BEA selon 52 éléments d'actif non résidentiels, cinq éléments d'actif résidentiels et 13 biens de consommation durables[4].

Le tableau B.2 présente la valeur et l'indice des prix du stock de capital au sens large, ainsi que des données individuelles sur les biens de haute technologie. Le tableau B.3 renferme des données semblables, mais pour les flux de services du capital au lieu des stocks de capital[5]. Le prix des stocks de capital pour les éléments d'actif individuels figurant au tableau B.2 est le même que le prix de l'investissement présenté au tableau A.1, mais les prix diffèrent pour les données agrégées en raison d'écarts entre les facteurs de pondération fondés sur les flux d'investissement et ceux fondés sur les stocks d'éléments d'actif. L'indice des prix de l'investissement augmente plus lentement que l'indice des prix des éléments d'actif, parce que les éléments d'actif ayant une brève durée de vie et enregistrant des baisses de prix

relatifs importantes représentent une proportion plus grande de l'investissement.

Il importe de faire une mise en garde concernant les données sous-jacentes sur l'investissement : celles-ci s'arrêtent en 1997 et ne sont pas compatibles avec la révision de référence du BEA d'octobre 1999. Nous avons apporté plusieurs corrections aux données pour tenir compte de la révision du BEA, les rendre compatibles avec nos travaux antérieurs et prolonger la série sur l'investissement jusqu'à 1998. Premièrement, nous avons remplacé la série sur les « ordinateurs et le matériel périphérique » de la base de données *Tangible Wealth* par la série sur l'investissement en « ordinateurs et matériel périphérique » des NIPA, tant en dollars courants qu'en dollars chaînés de 1996. Ces séries étaient identiques pendant les premières années, mais un écart est apparu progressivement et représentait environ 5 p. 100 en dollars courants en 1997. Par ailleurs, nous avons utilisé les nouvelles séries des NIPA pour l'investissement en « logiciels » et en « matériel de communications », ainsi que pour la consommation personnelle « d'ordinateurs, de matériel périphérique et de logiciels », tant en dollars courants qu'en dollars chaînés de 1996. Les séries tirées des NIPA nous permettent d'établir une série chronologique complète et cohérente, qui tient compte des révisions de référence les plus récentes et d'une notion élargie de la production englobant les logiciels.

Deuxièmement, nous avons intégré l'investissement en matériel résidentiel à la catégorie « autre matériel », qui englobe du matériel non résidentiel. Cette fusion n'a pas modifié les données globales sur l'investissement et le stock de capital, mais elle entraîne la réaffectation d'une partie de l'investissement et du capital de la catégorie résidentielle à la catégorie non résidentielle.

Troisièmement, nous avons corrigé la valeur totale de l'investissement dans les grandes catégories – structures, matériel et logiciels, structures résidentielles et total des biens de consommation durables – pour la faire correspondre aux données agrégées des NIPA. Cette correction permet une comptabilisation cohérente de l'investissement et des achats de biens de consommation durables tant du côté des intrants que de celui de la production. Les séries sur l'investissement en ordinateurs, en logiciels et en matériel de communications et sur la consommation d'ordinateurs, de matériel périphérique et de logiciels n'ont pas été corrigées.

Quatrièmement, nous avons prolongé les séries sur l'investissement jusqu'à 1998, à l'aide d'estimations tirées des NIPA. Ainsi, les taux de croissance de 1998 pour les autres produits métalliques ouvrés, les turbines à vapeur, les moteurs à combustion interne, les machines à travailler les métaux, les machines industrielles spéciales, le matériel industriel général et le matériel de transmission et de distribution de l'électricité proviennent de la catégorie « autre » matériel des NIPA. Le taux de croissance de chaque catégorie de biens de consommation durables est tiré directement des NIPA.

Ces opérations ont permis de constituer une série chronologique complète sur l'investissement pour 57 éléments d'actif privés (29 catégories de matériel et logiciels, 23 catégories de structures non résidentielles et 5 catégories de structures résidentielles) et la consommation de 13 catégories d'éléments d'actif, en dollars courants et en dollars chaînés de 1996 couvrant la période 1925-1998. Pour chaque élément d'actif, nous avons créé une série de données sur l'investissement réel en reliant l'investissement au coût historique et l'indice de quantité de l'année de référence 1996. Les stocks de capital ont ensuite été estimés en utilisant la méthode de l'inventaire perpétuel de l'équation (1) et un taux de dépréciation géométrique, en se fondant sur les travaux de Fraumeni (1997); ils sont présentés au tableau B.1.

Les taux de dépréciation des ordinateurs, des logiciels et des automobiles représentent d'importantes exceptions. Le BEA (1998a) signale que la dépréciation des ordinateurs est fondée sur les travaux de Oliner (1993, 1994), qu'elle est non géométrique et qu'elle varie au fil du temps. Nous avons calculé la meilleure approximation géométrique du profil de dépréciation le plus récent pour différentes catégories d'éléments d'actif liés à l'informatique et nous avons utilisé un taux moyen de dépréciation géométrique de 0,315 pour l'investissement en ordinateurs et en logiciels et pour la consommation d'ordinateurs, de périphériques et de logiciels. De même, notre estimation de la meilleure approximation du profil de dépréciation des automobiles était de 0,272.

Nous avons aussi réuni des données sur l'investissement et les terrains pour compléter nos estimations du capital. Les données sur les stocks proviennent principalement des NIPA et correspondent aux stocks agricoles et non agricoles. Nous avons supposé que les stocks avaient un taux de dépréciation égal à zéro et qu'ils ne bénéficiaient pas du crédit d'impôt à l'investissement ou de la déduction pour amortissement, de sorte que la formule du prix de location est une version simplifiée de l'équation (5).

Tableau B.1
Investissement et stock de capital par type et catégorie d'actif

Élément d'actif	Taux de dépréciation géométrique	1998	
		Investissement	Stock de capital
Total, capital	n.d.		27 954,7
Immobilisations reproductibles	n.d.	4 161,7	20 804,2
Matériel et logiciels		829,1	4 082,0
Meubles de maison	0,1375	2,3	13,1
Autres meubles	0,1179	37,6	224,4
Autres produits métalliques ouvrés	0,0917	15,9	134,5
Turbines à vapeur	0,0516	2,7	60,1
Moteurs à combustion interne	0,2063	1,6	6,9
Tracteurs agricoles	0,1452	10,8	60,7
Tracteurs de construction	0,1633	2,9	15,3
Machines agricoles, sauf les tracteurs	0,1179	13,1	89,2
Machines de construction, sauf les tracteurs	0,1550	20,6	99,5
Machines, extraction minière et pétrolière	0,1500	2,4	15,6
Machines à travailler les métaux	0,1225	37,1	228,6
Machines industrielles spéciales, n.c.a.	0,1031	38,6	288,7
Matériel indust. général, y compris le mat. de manut. des matières	0,1072	34,5	247,5
Ordinateurs et matériel périphérique	0,3150	88,5	164,9
Machines de l'industrie des services	0,1650	17,9	92,0
Matériel de communications	0,1100	83,6	440,5
Appareils de transm. et de distr. de l'électricité et appareils industriels	0,0500	26,7	313,0
Appareils ménagers	0,1650	1,5	6,9
Autre matériel électrique, n.c.a.	0,1834	15,2	64,5
Camions, autobus et remorques	0,1917	104,5	367,0
Automobiles	0,2719	19,4	70,2
Aéronefs	0,0825	23,0	174,5
Navires et bateaux	0,0611	3,0	48,4
Matériel ferroviaire	0,0589	5,3	69,1

Tableau B.1 (suite)

Élément d'actif	Taux de dépréciation géométrique	1998	
		Investissement	Stock de capital
Instruments (scientifiques et techniques)	0,1350	30,9	172,6
Matériel de photocopie et matériel connexe	0,1800	22,6	103,0
Autre matériel non résidentiel	0,1473	35,4	184,3
Autre matériel de bureau	0,3119	8,4	24,5
Logiciels	0,3150	123,4	302,4
Structures non résidentielles		2 271,3	5 430,6
Bâtiments industriels	0,0314	36,4	766,6
Structures mobiles (bureaux)	0,0556	0,9	9,8
Immeubles à bureaux	0,0247	44,3	829,8
Entrepôts commerciaux	0,0222	0,0	0,0
Autres bâtiments commerciaux, n.c.a.	0,0262	55,7	955,8
Bâtiments religieux	0,0188	6,6	155,3
Bâtiments éducatifs	0,0188	11,0	157,4
Hôpitaux et bâtiments institutionnels	0,0188	17,76	355,12
Hôtels et motels	0,0281	17,08	210,57
Bâtiments de divertissement et loisirs	0,0300	9,14	103,55
Autres bâtiments non agricoles, n.c.a.	0,0249	2,07	67,68
Structures ferroviaires	0,0166	5,78	210,36
Matériel de télécommunications	0,0237	13,19	282,09
Électricité, éclairage et énergie (structures)	0,0211	12,12	490,04
Gaz (structures)	0,0237	4,96	170,98
Bâtiments servant aux transports locaux	0,0237	0,00	0,00
Oléoducs	0,0237	1,11	39,20
Bâtiments et structures agricoles	0,0239	4,59	202,73
Pétrole et gaz naturel	0,0751	22,12	276,99
Autre exploration minière	0,0450	2,03	38,96
Autres structures non agricoles	0,0450	6,39	107,70

Tableau B.1 (suite)

Élément d'actif	Taux de dépréciation géométrique	1998	
		Investissement	Stock de capital
Remplacement des voies ferrées	0,0275	0,00	0,00
Barres de combustible nucléaire	0,0225	0,00	0,00
Structures résidentielles		363,18	8 309,62
Habitations de 1-4 unités	0,0114	240,27	5 628,27
Habitations de 5 unités et plus	0,0140	21,11	871,81
Maisons mobiles	0,0455	14,64	147,17
Améliorations	0,0255	86,29	1 634,15
Autres structures résidentielles	0,0227	0,87	28,23
Biens de consommation durables		698,20	2 981,97
Automobiles	0,2550	166,75	616,53
Camions	0,2316	92,53	327,85
Autres (véhicules récréatifs)	0,2316	18,63	64,98
Meubles	0,1179	56,02	372,26
Appareils de cuisine	0,1500	29,83	161,75
Vaisselle, verrerie	0,1650	29,65	141,44
Autres biens durables	0,1650	64,03	309,67
Ordinateurs et logiciels	0,3150	30,40	52,30
Matériel vidéo et audio	0,1833	75,15	289,22
Bijouterie	0,1500	44,58	228,38
Lunetterie	0,2750	16,53	53,44
Livres et cartes	0,1650	25,34	132,51
Matériel roulant	0,1650	48,76	231,66
Terrains	0,0000		5 824,18
Stocks	0,0000		1 326,31

Nota : Les valeurs de l'investissement et du stock de capital sont exprimées en millions de dollars courants. Les catégories Matériel et logiciels et Autre matériel non résidentiel englobent le matériel résidentiel des NIPA.

Sources : BEA (1998a, 1998b, 1998c) et calculs des auteurs.

Tableau B.2
Stock total de capital et biens de haute technologie

	Stock total de capital et de biens de CD		Stock de capital, ordinateurs		Stock de capital, logiciels		Stock de capital, matériel de comm.		Stock de biens de CD, ordinat. et logiciels	
Année	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix
1959	1 300,3	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	9,97	0,47	0,00	0,00
1960	1 391,0	0,18	0,20	697,30	0,10	0,61	11,11	0,47	0,00	0,00
1961	1 478,5	0,18	0,40	522,97	0,27	0,62	12,53	0,47	0,00	0,00
1962	1 583,6	0,19	0,50	369,16	0,39	0,63	14,06	0,46	0,00	0,00
1963	1 667,7	0,19	0,95	276,29	0,67	0,63	15,50	0,46	0,00	0,00
1964	1 736,0	0,19	1,44	229,60	0,97	0,64	16,99	0,47	0,00	0,00
1965	1 848,3	0,19	2,01	188,74	1,37	0,65	18,56	0,47	0,00	0,00
1966	2 007,7	0,20	2,67	132,70	1,95	0,66	20,69	0,47	0,00	0,00
1967	2 150,6	0,21	3,38	107,71	2,55	0,67	23,21	0,49	0,00	0,00
1968	2 394,9	0,22	3,88	92,00	3,09	0,68	26,38	0,51	0,00	0,00
1969	2 670,4	0,24	4,81	83,26	3,98	0,70	30,57	0,54	0,00	0,00
1970	2 874,8	0,24	5,66	74,81	5,12	0,73	35,16	0,57	0,00	0,00
1971	3 127,9	0,26	5,75	56,98	5,91	0,73	39,66	0,60	0,00	0,00
1972	3 543,0	0,28	6,68	45,93	6,86	0,73	43,77	0,62	0,00	0,00
1973	4 005,0	0,30	7,83	43,53	8,04	0,75	48,30	0,64	0,00	0,00
1974	4 250,3	0,31	8,28	35,55	9,77	0,80	55,98	0,69	0,00	0,00
1975	4 915,0	0,35	8,85	32,89	11,89	0,85	64,49	0,76	0,00	0,00
1976	5 404,1	0,37	9,46	27,47	13,52	0,87	71,56	0,80	0,00	0,00
1977	6 151,9	0,41	11,34	23,90	15,01	0,89	76,27	0,78	0,00	0,00
1978	7 097,4	0,45	12,86	16,17	17,00	0,90	88,54	0,81	0,10	33,68
1979	8 258,3	0,50	17,50	13,40	21,01	0,95	101,62	0,83	0,17	32,81
1980	9 407,4	0,56	21,85	10,46	25,93	1,01	122,33	0,88	0,28	22,11
1981	10 771,2	0,62	30,26	9,19	31,72	1,07	146,61	0,96	0,56	18,79
1982	11 538,6	0,66	37,45	8,22	38,14	1,12	168,74	1,01	1,71	15,12

Tableau B.2 (suite)

Année	Stock total de capital et de biens de CD		Stock de capital, ordinateurs		Stock de capital, logiciels		Stock de capital, matériel de comm.		Stock de biens de CD, ordinat. et logiciels	
	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix
1983	12 033,2	0,67	45,29	6,86	44,40	1,13	185,59	1,03	3,73	10,71
1984	13 247,3	0,71	56,70	5,55	52,68	1,14	207,81	1,07	5,25	9,41
1985	14 837,5	0,77	66,72	4,72	61,66	1,13	228,43	1,09	6,21	8,68
1986	15 985,5	0,81	72,77	4,06	69,38	1,12	246,93	1,10	8,41	6,54
1987	17 137,5	0,85	78,26	3,46	79,17	1,12	262,59	1,10	11,40	5,91
1988	18 632,2	0,90	87,79	3,21	91,54	1,14	280,64	1,10	15,35	5,41
1989	20 223,2	0,96	99,26	3,00	105,64	1,11	297,05	1,10	18,06	5,02
1990	20 734,0	0,96	100,29	2,72	121,57	1,09	311,95	1,11	19,30	4,22
1991	21 085,3	0,97	99,42	2,45	140,37	1,10	324,37	1,11	22,97	3,53
1992	21 296,9	0,96	101,84	2,09	151,41	1,04	334,48	1,10	24,05	2,68
1993	21 631,7	0,96	106,68	1,78	173,39	1,04	342,48	1,09	27,20	2,07
1994	22 050,0	0,96	115,74	1,57	191,63	1,02	353,46	1,07	34,28	1,81
1995	23 346,7	0,99	130,78	1,31	215,13	1,02	362,23	1,03	39,71	1,44
1996	24 300,2	1,00	139,13	1,00	239,73	1,00	380,00	1,00	42,49	1,00
1997	26 070,4	1,04	150,57	0,78	266,63	0,97	407,58	0,99	46,20	0,69
1998	27 954,7	1,08	164,87	0,57	302,41	0,96	440,52	0,97	52,30	0,48

Nota : Les valeurs sont exprimées en milliards de dollars courants. Le stock total de capital englobe les biens reproductibles, les biens de consommation durables (CD), les terrains et les stocks. Tous les indices de prix sont normalisés à la valeur 1,0 en 1996.

Tableau B.3

Services totaux du capital et biens de haute technologie

Année	Flux total de services du capital et des biens de CD		Flux de services du capital, ordinateurs		Flux de services du capital , logiciels		Flux de services du capital, matériel de communications		Flux de services des biens de CD, ordinateurs et logiciels	
	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix
1959	214,7	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55	0,50	0,00	0,00
1960	183,7	0,26	0,05	407,59	0,02	0,64	2,65	0,47	0,00	0,00
1961	192,3	0,26	0,25	602,38	0,08	0,61	2,85	0,45	0,00	0,00
1962	211,9	0,28	0,41	480,68	0,15	0,65	3,44	0,48	0,00	0,00
1963	241,7	0,30	0,56	291,73	0,22	0,60	3,32	0,42	0,00	0,00
1964	260,2	0,31	0,77	196,86	0,34	0,59	3,68	0,42	0,00	0,00
1965	289,2	0,32	1,15	169,47	0,52	0,64	4,73	0,50	0,00	0,00
1966	315,4	0,33	1,99	161,83	0,74	0,65	5,00	0,48	0,00	0,00
1967	333,8	0,33	2,13	103,65	1,03	0,68	5,14	0,45	0,00	0,00
1968	330,2	0,31	2,40	81,43	1,29	0,69	5,43	0,44	0,00	0,00
1969	349,2	0,31	2,54	63,64	1,57	0,69	6,02	0,44	0,00	0,00
1970	382,5	0,33	3,27	61,40	2,09	0,74	7,23	0,48	0,00	0,00
1971	391,4	0,32	4,83	68,40	2,83	0,83	8,34	0,51	0,00	0,00
1972	439,6	0,35	4,44	45,09	3,01	0,77	8,86	0,51	0,00	0,00
1973	517,9	0,38	4,02	30,87	3,47	0,77	12,48	0,68	0,00	0,00
1974	546,6	0,38	6,04	36,38	3,99	0,78	11,48	0,58	0,00	0,00
1975	619,2	0,42	5,36	26,49	5,17	0,88	13,41	0,64	0,00	0,00
1976	678,1	0,44	6,01	24,25	5,60	0,84	13,61	0,62	0,00	0,00
1977	742,8	0,47	6,35	19,16	6,26	0,86	22,37	0,94	0,00	0,00
1978	847,5	0,51	10,71	20,84	7,31	0,91	19,02	0,72	0,02	17,84
1979	999,1	0,57	10,45	12,30	8,19	0,89	26,30	0,89	0,07	19,01
1980	1 026,9	0,56	15,03	10,96	9,99	0,93	23,94	0,72	0,20	25,93

Tableau B.3 (suite)

Année	Flux total de services du capital et des biens de CD		Flux de services du capital, ordinateurs		Flux de services du capital, logiciels		Flux de services du capital, matériel de communications		Flux de services des biens de CD, ordinateurs et logiciels	
	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix	Valeur	Prix
1981	1 221,4	0,66	15,92	7,33	11,76	0,94	23,89	0,64	0,25	13,90
1982	1 251,7	0,65	17,29	5,47	12,54	0,87	25,32	0,62	0,74	11,96
1983	1 359,1	0,71	22,77	5,06	15,11	0,92	29,54	0,67	2,07	10,39
1984	1 570,1	0,79	30,79	4,54	19,02	0,99	33,20	0,70	2,37	6,07
1985	1 660,5	0,79	33,72	3,43	22,41	0,99	39,30	0,77	2,70	4,93
1986	1 559,9	0,71	36,44	2,82	25,88	0,99	43,39	0,79	4,84	5,61
1987	1 846,6	0,80	45,07	2,76	31,84	1,07	55,49	0,94	4,91	3,54
1988	2 185,3	0,89	43,85	2,18	37,72	1,11	67,22	1,07	6,65	3,24
1989	2 243,0	0,89	47,89	1,97	45,96	1,16	67,90	1,02	7,89	2,85
1990	2 345,0	0,90	53,28	1,89	51,07	1,10	69,86	1,00	10,46	2,97
1991	2 345,8	0,88	52,65	1,69	54,07	1,01	66,05	0,91	11,66	2,44
1992	2 335,4	0,86	57,69	1,60	69,11	1,12	70,72	0,94	14,96	2,25
1993	2 377,4	0,85	62,00	1,42	69,32	0,98	80,23	1,02	16,26	1,71
1994	2 719,5	0,94	63,16	1,17	84,14	1,05	89,16	1,09	16,14	1,17
1995	2 833,4	0,94	77,77	1,11	89,18	0,99	101,18	1,17	22,64	1,13
1996	3 144,4	1,00	96,36	1,00	101,46	1,00	92,91	1,00	30,19	1,00
1997	3 466,3	1,05	103,95	0,77	119,80	1,04	100,13	1,00	33,68	0,71
1998	3 464,8	0,99	118,42	0,61	128,32	0,97	103,35	0,94	36,53	0,48

Nota : Les valeurs sont exprimées en milliards de dollars courants. Les prix des services sont normalisés à la valeur 1,0 en 1996. Les flux totaux de services englobent les biens reproductibles, les biens de consommation durables (CD), les terrains et les stocks. Tous les indices de prix sont normalisés à la valeur 1,0 en 1996.

Les données sur les terrains posent un problème un peu plus complexe. Jusqu'en 1995, le Federal Reserve Board publiait des statistiques détaillées sur les valeurs et les quantités de terrains dans les *Balance Sheets for the U.S. Economy* (Federal Reserve Board, 1995), mais les données sous-jacentes devinrent peu fiables et ces statistiques ne sont plus publiées. Nous utilisons des données fragmentaires sur les terrains tirées des *Flow of Funds Accounts of the United States* et des données historiques décrites dans Jorgenson (1990) pour estimer le prix et la quantité de terrains privés. En pratique, cette série de données quantitatives varie très peu, de sorte qu'elle a pour principal effet de ralentir la croissance du capital en attribuant un facteur de pondération positif au taux de croissance nul des terrains. À l'instar des stocks, la dépréciation, le crédit d'impôt à l'investissement et les déductions pour amortissement pour les terrains sont égaux à zéro.

Une dernière précision méthodologique a trait aux prix négatifs des services qui résultent parfois de l'utilisation de facteurs de réévaluation spécifiques pour les éléments d'actif. Comme il ressort de la formule simplifiée du coût du capital dans l'équation (5), le prix estimatif d'un service peut être négatif si la hausse du prix de l'élément d'actif est élevée par rapport au taux d'intérêt et au taux de dépréciation. Sur le plan économique, une telle situation est possible et voudrait dire que les gains de capital ont été plus élevés que prévus. Des prix négatifs pour les services compliquent le processus d'agrégation, de sorte que nous avons apporté des correctifs à plusieurs éléments d'actif. Pour un petit nombre d'éléments d'actif reproductibles et de stocks, surtout des structures durant les années 70, nous avons utilisé des taux d'inflation lissés pour les années avoisinantes au lieu des taux d'inflation courants dans le calcul du coût du capital. Dans le cas des terrains, qui ont enregistré d'importants gains en capital durant toute la période et aucune dépréciation, nous avons utilisé le taux d'inflation des éléments d'actif dans l'ensemble de l'économie pour toutes les années.

Notes

1 Voir BLS (1997), notamment le chapitre 14, pour obtenir des précisions sur les rajustements relatifs à la qualité intégrés aux indices des prix des producteurs utilisés comme principaux déflateurs dans l'étude du stock de capital. Cole et coll. (1986) et Triplett (1986, 1989) donnent plus de détails sur l'estimation de régressions hédoniques pour les ordinateurs.

2 Une complication, bien sûr, découle du fait que ρ_t est endogène. Nous supposons que le taux de rendement après impôt est le même pour tous les éléments d'actif et nous estimons la valeur de ρ_t en faisant l'hypothèse qu'elle est égale au rendement qui annule la rémunération du capital pour tous les éléments d'actif du secteur des entreprises. De plus, les considérations fiscales varient selon les diverses catégories de propriété (par exemple, sociétés, entités non constituées en sociétés, ménages). Nous tenons compte de ces différences dans nos travaux empiriques, mais nous ne présentons pas de détails ici. Voir Jorgenson et Yun (1991, chapitre 2).

3 Voir Diewert (1980) et Fisher (1992) pour plus de précisions.

4 Katz et Herman (1997) et Fraumeni (1997) donnent des précisions sur la méthodologie du BEA et les sources de données sous-jacentes.

5 Soulignons que ces indices de prix ont été normalisés à la valeur 1,0 en 1996, de sorte qu'ils ne correspondent pas aux composantes de la formule des services du capital dans l'équation (5).

Appendice C :
Estimation de l'intrant travail

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

C.1 Méthodologie de mesure de l'intrant travail

À NOUVEAU, NOUS DÉBUTONS PAR LA PRÉSENTATION d'une notation des mesures des heures travaillées, des intrants liés au travail et de la qualité du travail pour les diverses catégories de travailleurs :

$H_{j,t}$: nombre d'heures travaillées par la catégorie de travailleurs j à la période t
$w_{j,t}$: prix d'une heure de travail pour la catégorie de travailleurs j à la période t
$L_{j,t}$: quantité de services du travail offerts par la catégorie de travailleurs j à la période t,

et pour les agrégats au niveau de l'ensemble de l'économie :

H_t : nombre total d'heures travaillées à la période t
W_t : salaire moyen pour les heures travaillées à la période t
L_t : indice de quantité de l'intrant travail à la période t
$P_{L,t}$: indice de prix de l'intrant travail à la période t
$q_{L,t}$: indice de qualité de l'intrant travail à la période t.

En général, la méthodologie d'estimation de l'intrant travail suit de près celle des services du capital, mais l'absence d'une variable d'investissement rend l'estimation de l'intrant travail un peu plus simple. Pour chaque catégorie de travailleurs, nous supposons au départ que le flux de services du travail est proportionnel aux heures travaillées :

$$(1) \qquad L_{j,t} = q_{L,j} H_{j,t},$$

où $q_{L,j}$ est la constante de proportionnalité pour la catégorie de travailleurs j, dont la valeur est fixée à l'unité.

Le taux de croissance de l'intrant travail au niveau agrégé est, par définition, la somme des taux des composantes pondérés par les parts respectives :

$$(2) \qquad \Delta \ln L_t = \sum_j \bar{v}_{j,t} \Delta \ln L_{j,t},$$

où les facteurs de pondération sont les parts de la valeur du revenu du travail :

$$(3) \qquad \bar{v}_{j,t} = \frac{1}{2}\left(\frac{w_{j,t} L_{j,t}}{\sum_j w_{j,t} L_{j,t}} + \frac{w_{j,t-1} L_{j,t-1}}{\sum_j w_{j,t-1} L_{j,t-1}} \right)$$

et le prix de l'intrant travail au niveau agrégé est défini comme étant :

$$(4) \qquad P_{L,t} = \frac{\sum_j w_{j,t} L_{j,t}}{L_t}.$$

Nous définissons « l'indice agrégé de la qualité du travail », $q_{L,t}$, comme étant $q_{L,t} = L_t / H_t$, où H_t est la somme non pondérée des heures travaillées :

$$(5) \qquad H_t = \sum_j H_{j,t}.$$

La croissance de la qualité du travail est ensuite définie comme étant :

$$(6) \qquad \Delta \ln q_{L,t} = \sum_j \bar{v}_{j,t} \Delta \ln H_{j,t} - \Delta \ln H_t.$$

L'équation (6) définit l'augmentation de la qualité du travail par la différence entre la croissance pondérée et la croissance non pondérée des heures travaillées. Comme pour le capital, cette formulation rend compte des substitutions entre des catégories hétérogènes de travail ayant des caractéristiques et des produits marginaux différents. Tel que décrit dans Ho et Jorgenson (1999), on peut faire une décomposition plus poussée de la qualité du travail entre des composantes liées à des différentes caractéristiques du travail, comme l'âge, le sexe et la scolarité.

C.2 Données sur le travail

LES OBSERVATIONS INDIVIDUELLES TIRÉES des recensements de la population de 1970, 1980 et 1990, des NIPA et du Current Population Survey (CPS) annuel constituent nos principales sources de données. Les NIPA renferment des données sur le nombre total d'heures travaillées, tandis que le recensement et le CPS nous permettent d'estimer l'augmentation de la qualité du travail. Des précisions sur la construction des données relatives à l'intrant travail sont fournies dans l'étude de Ho et Jorgenson (1999). Le tableau C.1 fait voir les principales données utilisées dans notre étude, y compris le prix, la quantité, la valeur et la qualité de l'intrant travail, ainsi que l'emploi, les heures de travail hebdomadaires, la rémunération horaire et les heures travaillées.

En bref, le recensement de la population fournit des données détaillées sur l'emploi, les heures travaillées et la rémunération du travail pour les différents groupes démographiques et les années de recensement. Les données du CPS ont été utilisées afin d'interpoler des données pour les années intercensitaires, tandis que les données des NIPA ont servi de totaux de contrôle. Les groupes démographiques comprennent 168 catégories différentes de travailleurs, répartis selon le sexe (hommes ou femmes), le type d'emploi (employé, travailleur autonome ou travailleur non rémunéré), l'âge (16-17, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65 ou plus) et la scolarité (0-8 ans d'études primaires, 1-3 ans d'études secondaires, 4 ans d'études secondaires, 1-3 ans d'études collégiales, 4 ans d'études collégiales, 5 ans ou plus d'études collégiales)[1]. Les rajustements apportés aux données comprennent des imputations pour tenir compte des détenteurs d'emplois multiples, une procédure d'estimation pour recouvrer les données de revenu « tronquées par le haut », et une procédure d'harmonisation pour assurer la compatibilité des définitions des groupes démographiques au fil du temps.

Ces données détaillées englobent la période 1959-1995 et sont tirées de l'étude de Ho et Jorgenson (1999). Elles nous permettent d'évaluer la qualité de l'intrant travail dans le secteur des entreprises privées, le secteur gouvernemental général et les entreprises publiques, mais seul l'indice du secteur des entreprises privées est utilisé dans le calcul de la comptabilisation de la croissance au niveau agrégé. Pour les années 1996-1998, nous avons estimé la croissance de la qualité du travail en maintenant constants les salaires relatifs des différentes catégories de travail et en intégrant les projections démographiques de la population active. Les heures de travail des employés

proviennent des données les plus récentes des NIPA, tandis que les heures de travail des travailleurs autonomes ont été estimées par Ho et Jorgenson (1999).

Note

1 Il y a aussi une dimension sectorielle dont nous ne tenons pas compte dans ce cadre d'analyse au niveau agrégé; cependant, nous en tenons compte dans l'analyse de la productivité par industrie présentée plus loin.

Tableau C.1

Intrant travail

Année	Intrant travail				Emploi	Heures hebdomadaires	Rémunération horaire	Heures travaillées
	Prix	Quantité	Valeur	Qualité				
1959	0,15	1 866,7	269,8	0,82	58 209	38,0	2,3	115 167
1960	0,15	1 877,5	289,1	0,82	58 853	37,7	2,5	115 403
1961	0,16	1 882,0	297,7	0,83	58 551	37,4	2,6	113 996
1962	0,16	1 970,7	315,3	0,86	59 681	37,5	2,7	116 348
1963	0,16	2 000,2	320,4	0,86	60 166	37,5	2,7	117 413
1964	0,17	2 051,4	346,2	0,87	61 307	37,4	2,9	119 111
1965	0,18	2 134,8	375,1	0,88	63 124	37,4	3,0	122 794
1966	0,19	2 226,9	413,7	0,89	65 480	37,1	3,3	126 465
1967	0,19	2 261,8	429,3	0,90	66 476	36,8	3,4	127 021
1968	0,21	2 318,8	480,8	0,91	68 063	36,5	3,7	129 194
1969	0,22	2 385,1	528,6	0,91	70 076	36,4	4,0	132 553
1970	0,24	2 326,6	555,6	0,90	69 799	35,8	4,3	130 021
1971	0,26	2 318,3	600,2	0,90	69 671	35,8	4,6	129 574
1972	0,28	2 395,5	662,9	0,91	71 802	35,8	5,0	133 554
1973	0,29	2 519,1	736,4	0,91	75 255	35,7	5,3	139 655
1974	0,32	2 522,2	798,8	0,91	76 474	35,0	5,7	139 345
1975	0,35	2 441,8	852,9	0,92	74 575	34,6	6,3	134 324
1976	0,38	2 525,6	964,2	0,92	76 925	34,6	7,0	138 488
1977	0,41	2 627,2	1 084,9	0,92	80 033	34,6	7,5	143 918
1978	0,44	2 783,7	1 232,4	0,93	84 439	34,5	8,1	151 359
1979	0,48	2 899,6	1 377,7	0,93	87 561	34,5	8,8	157 077
1980	0,52	2 880,8	1 498,2	0,94	87 788	34,1	9,6	155 500
1981	0,55	2 913,8	1 603,9	0,94	88 902	33,9	10,2	156 558
1982	0,60	2 853,3	1 701,6	0,94	87 600	33,6	11,1	153 163

Tableau C.1 (suite)

Année	Intrant travail				Emploi	Heures hebdomadaires	Rémunération horaire	Heures travaillées
	Prix	Quantité	Valeur	Qualité				
1983	0,66	3 095,5	2 040,2	0,95	93 176	34,0	12,4	164 870
1984	0,64	2 904,9	1 849,0	0,94	88 638	33,9	11,9	156 049
1985	0,69	3 174,6	2 183,5	0,95	95 410	33,9	13,0	168 175
1986	0,75	3 192,8	2 407,1	0,95	97 001	33,5	14,2	169 246
1987	0,74	3 317,1	2 464,0	0,96	99 924	33,7	14,1	174 894
1988	0,76	3 417,2	2 579,5	0,96	103 021	33,6	14,3	179 891
1989	0,80	3 524,2	2 827,0	0,96	105 471	33,7	15,3	184 974
1990	0,84	3 560,3	3 001,9	0,97	106 562	33,6	16,1	186 106
1991	0,88	3 500,3	3 081,4	0,97	105 278	33,2	16,9	181 951
1992	0,94	3 553,4	3 337,0	0,98	105 399	33,2	18,3	182 200
1993	0,95	3 697,5	3 524,4	0,99	107 917	33,5	18,8	187 898
1994	0,96	3 806,4	3 654,6	0,99	110 888	33,6	18,9	193 891
1995	0,98	3 937,5	3 841,2	1,00	113 707	33,7	19,3	199 341
1996	1,00	4 016,8	4 016,8	1,00	116 083	33,6	19,8	202 655
1997	1,02	4 167,6	4 235,7	1,01	119 127	33,8	20,3	209 108
1998	1,06	4 283,8	4 545,7	1,01	121 934	33,7	21,3	213 951

Nota : La quantité de l'intrant travail est mesurée en milliards de dollars de 1996; la valeur de l'intrant travail est mesurée en milliards de dollars courants. L'emploi est mesuré en milliers de travailleurs et la rémunération horaire est exprimée en dollars, tandis que les heures travaillées sont en millions. Le prix de l'intrant travail et l'indice de qualité du travail sont normalisés à la valeur 1,0 en 1996.

Appendice D :
Estimation de la productivité au niveau de l'industrie aux États-Unis

Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh

LES PRINCIPALES DONNÉES UTILISÉES sont des séries chronologiques annuelles des transactions interindustrielles en prix courants et constants, y compris les demandes finales par produit, l'investissement et les intrants liés au travail par industrie, ainsi que la production par industrie. Le point de départ est constitué d'un ensemble de transactions interindustrielles produites par le service des projections de l'emploi du Bureau of Labor Statistics (BLS). Ces données font état des intrants intermédiaires et de la valeur ajoutée totale (la somme des intrants capital et travail et des impôts) pour 185 industries, de 1977 à 1995. L'un des principaux avantages de ces données interindustrielles du BLS est qu'elles permettent d'obtenir les interpolations nécessaires entre les années de référence.

Nous avons fait l'agrégation des données des tableaux de « production » et « d'utilisation » pour obtenir les transactions interindustrielles de 35 industries commerciales privées à un niveau qui se rapproche sensiblement de la Classification type des industries (CTI) à deux chiffres. Ces tableaux nous permettent de calculer les taux de croissance de la production par industrie, les taux de croissance des intrants intermédiaires et les parts des intrants intermédiaires, requis par l'équation (2) du chapitre 2. Ils nous permettent aussi d'obtenir des totaux de contrôle pour la valeur ajoutée de chaque industrie, la somme des valeurs des services du capital et du travail et les impôts.

Nous avons appliqué la procédure décrite ci-dessus pour estimer les services du capital et l'intrant travail de chaque industrie. Nous avons réuni des données provenant de trois sources pour estimer les prix et les quantités des intrants capital et travail par industrie. On peut obtenir une ventilation par industrie de la valeur des intrants capital et travail à l'aide des séries sur « l'origine du produit brut », décrites dans l'étude de Lum et Yuskavage (1997), du BEA. Les investissements par catégorie d'actif et par industrie sont tirés du Tangible Wealth Survey du BEA (BEA, 1998a, décrit par Katz et Herman, 1997). Les données sur le travail par industrie proviennent du recensement décennal de la population et du Current Population

Survey (CPS) annuel. Nous avons utilisé les prix et les quantités de services du travail par industrie élaborés par Ho et Jorgenson (1999).

Nous avons aussi construit des données sur les services du capital et du travail pour le secteur des ménages et le secteur gouvernemental[1]. Dans le premier cas, la valeur des services du travail est égale au revenu du travail dans le secteur des ménages du BLS, tandis que le revenu du capital correspond aux flux théoriques des services du capital provenant des logements résidentiels, des biens de consommation durables et des terrains des ménages, tel que décrit plus haut. Dans le cas du secteur gouvernemental, le revenu du travail est égal à la rémunération des employés de l'administration gouvernementale générale, tandis que le revenu du capital est une estimation des flux de services du stock de capital du secteur public[2]. Soulignons que le secteur des entreprises gouvernementales est traité comme une industrie du secteur privé et qu'il ne fait pas partie du secteur gouvernemental général.

Notes

1 Le secteur des ménages et le secteur gouvernemental ne comprennent que le capital et le travail comme intrants. La production de ces secteurs est définie à l'aide d'un indice Tornqvist des intrants capital et travail, de sorte que la croissance de la productivité est égale à zéro par définition.

2 Le BEA ajoute une imputation similaire dans les comptes nationaux pour le flux des services du capital du secteur gouvernemental, mais notre méthodologie inclut un rendement sur le capital, ainsi qu'une déduction pour amortissement telle qu'estimée par le BEA.

Appendice E :
Mesure de la quantité et du coût de l'intrant capital au Canada

Wulong Gu et Frank C. Lee

E.1 Introduction

DANS CET APPENDICE, NOUS PRÉSENTONS la méthodologie d'estimation des indices de l'intrant capital au Canada durant la période 1961-1998. Contrairement aux mesures simples du stock de capital, notre mesure des intrants liés au capital tient compte de l'évolution de la composition des stocks de capital (relativement plus de matériel que de structures). Les changements saisis par notre mesure traduisent à la fois l'accumulation du capital et l'évolution de la composition des stocks de capital.

Les stocks de capital seraient une mesure valable de l'intrant capital si les biens en capital étaient homogènes. Toutefois, ils sont hétérogènes et leur composition varie avec le temps (Griliches et Jorgenson, 1966; Jorgenson et Griliches, 1967). Les éléments d'actif matériel ont des prix d'acquisition, des durées de service, des taux de dépréciation et des traitements fiscaux différents; ils ont donc des produits marginaux différents. La mesure du stock de capital ne tient pas compte de ces différences dans les éléments qui composent les stocks de capital. Toutefois, les données sur le stock de capital sont facilement accessibles et ont été utilisées dans de nombreuses études sur la productivité. Ainsi, Statistique Canada emploie le stock de capital net dans ses estimations détaillées de la productivité par industrie (Statistique Canada, 1994b). L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) utilise le stock de capital brut dans ses comparaisons internationales de la productivité dans les pays de l'OCDE (OCDE, 1998).

Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) ont élaboré des indices de l'intrant capital pour 46 industries du secteur privé et l'économie américaine civile englobant la période 1947-1979. Leurs mesures de l'intrant capital tiennent compte des caractéristiques des éléments d'actif matériel, répartis en six catégories de biens (biens de production durable des producteurs, biens de consommation durables, structures résidentielles et non résidentielles occupées par des locataires, structures résidentielles occupées par leurs propriétaires, stocks et terrains) et quatre formes juridiques de propriété (entreprises

commerciales constituées en sociétés, entreprises non constituées en sociétés, ménages et ins-titutions). Plus récemment, Ho, Jorgenson et Stiroh (1999) ont poussé plus loin l'analyse en estimant des indices annuels des intrants liés au capital pour l'économie privée américaine sur la période 1948-1996.

Le Bureau of Labor Statistics aux États-Unis a reconnu l'avantage d'utiliser l'intrant capital dans l'analyse de la productivité. En 1983, le BLS a élaboré des indices de l'intrant capital à partir de données sur 47 catégories d'éléments d'actif et trois grands secteurs (secteur agricole, secteur manufacturier et autres industries)[1]. Dans des travaux empiriques récents, le BLS (1999) a apporté des révisions importantes aux méthodes employées pour calculer l'intrant capital. Les plus importantes ont trait à l'utilisation de taux de dépréciation moins élevés pour les structures non résidentielles et d'une classification plus détaillée de l'intrant capital par secteur industriel.

Des indices de l'intrant capital au niveau agrégé ont été élaborés pour le Canada par Dougherty (1992), Diewert et Lawrence (1999), et Jorgenson et Yip (1999). Les indices de l'intrant capital de Dougherty ont été calculés à l'aide de données portant sur huit catégories de biens d'investissement et deux catégories de propriété (secteur des entreprises et secteur des particuliers). Jorgenson et Yip (1999) ont prolongé l'analyse à une période plus récente. Diewert et Lawrence (1999) ont mis au point des indices de l'intrant capital au niveau agrégé pour le Canada et ils ont analysé la sensibilité de leurs mesures à divers profils de dépréciation des éléments d'actif.

Nous avons élaboré des indices de l'intrant capital pour l'ensemble du secteur des entreprises et chaque industrie au Canada pour la période 1961-1998. Dans cet appendice, nous expliquons la méthodologie et les sources de données employées pour estimer l'intrant capital. À la section E.2, nous donnons un aperçu de la méthodologie. Dans la section E.3, nous décrivons les sources de données utilisées pour la construction des indices de l'intrant de capital. Dans la section E.4, nous présentons les estimations annuelles de l'intrant capital pour chaque industrie et pour l'ensemble du secteur des entreprises sur la période 1961-1998. La section E.5 renferme nos conclusions.

E.2 Méthodologie de mesure de la quantité et du coût de l'intrant capital

NOTRE OBJECTIF EST DE METTRE AU POINT des indices de l'intrant capital ou des services du capital pour le secteur des entreprises et chacune des 123 industries de ce secteur (niveau « P » d'agrégation industrielle) sur la période 1961-1998. Les indices de l'intrant capital tiennent compte de l'évolution de la composition du stock de capital et nous les avons calculés pour cinq catégories de biens matériels : machines, structures, ouvrages d'ingénierie, stocks et terrains.

E.2.1 Estimation de l'intrant capital

Pour bâtir un indice de l'intrant capital, nous avons supposé qu'il est possible d'exprimer l'intrant capital au niveau agrégé, $\{K\}$, à l'aide d'une fonction translog de ses composantes individuelles $\{K_k\}$. Le taux de croissance de l'intrant capital au niveau agrégé est donc la moyenne pondérée des taux de croissance de ses composantes :

$$(1) \qquad \Delta \ln K = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln K_k ,$$

où Δ désigne une différence première, c'est-à-dire un changement entre deux périodes consécutives, par exemple :

$$(2) \qquad \Delta \ln K = \ln K(t) - \ln K(t-1) .$$

Les facteurs de pondération correspondent à la part moyenne de la valeur de la rémunération du capital qui revient à chaque composante :

$$(3) \qquad \bar{v}_k = \frac{1}{2}\left[v_k(t) + v_k(t-1)\right], \; v_k = \frac{c_k K_k}{\sum_k c_k K_k} ,$$

où $\{c_k\}$ est l'ensemble des coûts des composantes de l'intrant capital pour l'utilisateur[2]. Sur un marché en équilibre, le coût du capital pour l'utilisateur est égal à la valeur de son produit marginal. L'agrégation des intrants liés au capital à l'aide des coûts d'utilisation permet donc de tenir compte des différences dans les apports des divers éléments d'actif à la production.

La quantité de services de chaque composante de l'intrant capital $\{K_k\}$ est proportionnelle au stock de capital $\{A_k\}$ au début de la période :

$$(4) \qquad K_k(t) = Q_k A_k(t),$$

où les constantes de proportionnalité $\{Q_k\}$ permettent de transformer le stock de capital en fonction de la quantité de services produite par ce stock à chaque période.

Nous supposons que la quantité de services produite par unité de stock de capital $\{Q_k\}$ - disons, par ordinateur - est constante à tous points dans le temps. L'amélioration de la qualité des ordinateurs (par exemple, une vitesse de traitement accrue) est intégrée à la mesure du stock réel de capital par l'intermédiaire d'un indice de prix des ordinateurs construit de façon appropriée. À vrai dire, d'importants efforts ont été déployés ces dernières années afin de construire ces déflateurs de prix rajustés en fonction de la qualité pour des produits comme les ordinateurs dont la qualité s'améliore de façon spectaculaire (BLS, 1997; Gordon, 1997).

En utilisant l'équation (4), nous pouvons exprimer le taux de croissance de l'intrant capital en fonction des taux de croissance des composantes du stock de capital $\{A_k\}$:

$$(5) \qquad \Delta \ln K = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln K_k = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln A_k .$$

À la base de la méthodologie décrite ci-dessus pour estimer l'intrant capital se trouve la distinction entre le stock de capital $\{A_k\}$ et le flux de services tirés du stock de capital au cours d'une période $\{K_k\}$. On fait aussi une distinction entre le prix d'acquisition d'un bien $\{P_k\}$ et le coût d'utilisation de ce bien au cours d'une période $\{c_k\}$. Comme en témoignent les marchés locatifs, ces distinctions valent pour les ordinateurs, les automobiles, le matériel et l'ameublement de bureau, et ainsi de suite. Dans les faits, une façon possible de mesurer l'intrant capital consisterait à recueillir des données sur les transactions qui se déroulent sur ces marchés locatifs. Toutefois, cette méthode est rarement employée parce qu'il n'y a pas de marché locatif pour la plupart des biens.

Le changement au niveau de la composition ou de la qualité de l'intrant capital correspond à la différence entre les taux de croissance de l'intrant capital et de la somme non pondérée des composantes du stock de capital :

(6) $\Delta \ln Q = \Delta \ln K - \Delta \ln A$,

où $A = \sum_k A_k$ est la somme non pondérée des composantes du stock de capital. Dans l'équation (6), la croissance de l'intrant capital ($\Delta \ln K$) est départagée entre l'accumulation de capital ($\Delta \ln A$) et le changement de composition du capital ($\Delta \ln Q$). On peut exprimer le taux de croissance de la qualité du capital en termes de ses composantes individuelles :

(7) $$\Delta \ln Q = \sum_k \bar{v}_k \Delta \ln A_k - \Delta \ln \sum_k A_k .$$

Un examen de l'équation (7) révèle que la qualité du capital demeure inchangée si toutes les composantes du stock de capital augmente au même rythme. La qualité du capital s'améliore si la part des composantes dont le coût d'utilisation est relativement élevé (par exemple, les biens d'équipement) augmente, et elle diminue si cette part baisse.

E.2.2 Estimation du stock de capital et du coût des services du capital

Les indices de l'intrant capital sont construits à l'aide de l'équation (5), en utilisant des données sur le stock de capital et le coût de l'intrant capital pour l'utilisateur. Nous supposons qu'une formule de dépréciation géométrique s'applique aux éléments d'actif et nous calculons le stock de capital par la méthode de l'inventaire permanent (voir l'appendice C pour plus de détails au sujet de la construction des données sur le stock de capital). Le stock de capital du bien k au début de la période t est :

(8) $$A_k(t) = A_k(t-1)(1-\delta_k) + I_k(t-1) = \sum_{\tau=1}^{\infty} (1-\delta_k)^{\tau-1} I_k(t-\tau),$$

où I_k est l'investissement réel dans la catégorie de biens k et δ_k est le taux de dépréciation.

Pour un bien qui se déprécie de façon géométrique, son coût d'utilisation au cours d'une période donnée, ou le coût des services du capital, est donné par l'expression suivante (voir Jorgenson et Yun, 1991, pour plus de détails) :

$$(9) \qquad c_k = \frac{1-e_k-tz_k}{1-t} P_k \left[(r_k - \pi_k) + (1+\pi_k)\delta_k)\right] + t^p P_k ,$$

où t est le taux fédéral et provincial combiné d'impôt sur le revenu des sociétés, e_k est le crédit d'impôt à l'investissement, z_k est la valeur actualisée des déductions pour amortissement sur un investissement d un dollar, P_k est le prix du nouveau bien d'investissement k, r_k est le taux nominal de rendement sur la catégorie de biens k, $\pi_k = (P_k(t)-P_k(t\text{-}1)/P_k(t)$ est le gain de capital sur le bien k, δ_k est le taux de dépréciation du bien k, et t^p est le taux d'imposition foncière.

L'équation du coût pour l'utilisateur (9) rend compte du taux de rendement nominal sur les éléments d'actif, du taux de dépréciation économique et des gains en capital réalisés sur les éléments d'actif. Elle tient compte aussi des effets de la fiscalité, comme les impôts sur le revenu des sociétés, les crédits d'impôt à l'investissement et les déductions pour amortissement, sur le coût du capital pour l'utilisateur.

Comme il n'y a pas de crédit d'impôt, de déduction pour amortissement, de taux d'imposition foncière ou de dépréciation économique pour les terrains et les stocks, l'équation du coût pour l'utilisateur prend, dans ce cas, la forme simplifiée suivante :

$$(10) \qquad c_k = \left(\frac{r_k - \pi_k}{1-t} + t_p\right) P_k .$$

Tous les paramètres de l'équation du coût pour l'utilisateur sont disponibles à diverses sources. Le taux nominal de rendement d'un élément d'actif peut être estimé de deux façons. Premièrement, on peut le calculer à partir des données sur le rendement des emprunts et des capitaux propres. Mais cette approche s'avère problématique en raison de la multiplicité des taux de rendement. Dans la présente étude, nous avons choisi de calculer le taux nominal de rendement *ex post* à l'aide des données sur la valeur totale de la rémunération du capital. Nous avons supposé que le taux nominal de rendement était le même pour toutes les catégories d'éléments d'actif d'une

industrie. Nous avons retenu le taux auquel la somme des valeurs des composantes de l'intrant capital égalait la rémunération totale du capital :

$$(11) \quad \sum_k c_k A_k = V, \text{ et } r_k = r,$$

où V est la rémunération totale du capital.

E.3 Sources de données

LES DEUX ENSEMBLES DE DONNÉES employés dans la construction de l'intrant capital sont le stock de capital et le coût du capital. La première tâche a consisté à estimer le stock de capital pour chacune des cinq catégories d'éléments d'actif et chaque secteur industriel sur la période 1961-1998.

Le stock de capital de biens amortissables (machines et matériel, et structures) aux États-Unis a été estimé à l'aide des données sur l'investissement, en appliquant une formule de dépréciation géométrique. Ces estimations sont fondées sur un taux d'amortissement dégressif de 1,65 pour la plupart des machines et du matériel et un taux de 0,9 pour la plupart des structures. Les données sur le stock de capital publiées par Statistique Canada découlent d'une méthode modifiée d'amortissement dégressif à taux double tant pour les machines et le matériel que pour les structures. Pour assurer la comparabilité des estimations canadiennes et américaines du stock de capital, nous avons obtenu de la Division de l'investissement et du stock de capital de Statistique Canada un autre ensemble d'estimations du stock de capital (voir l'appendice C). Le calcul de ces autres estimations est basé sur les taux d'amortissement dégressif employés aux États-Unis. Ces données ont ensuite été utilisées pour l'estimation de l'intrant capital dans les industries canadiennes. Mais nous présentons aussi, à des fins de comparaison, les résultats obtenus à l'aide des données sur les stocks de capital employées pour les estimations de la productivité faites par Statistique Canada.

L'estimation des stocks est fondée sur les données du bilan des industries, du bilan national et des tableaux entrées-sorties. Le bilan des industries renferme des données sur la valeur comptable des stocks au niveau de la classification à trois chiffres des industries de 1970 pour la période 1972-1987. Pour cette période, nous avons fixé la valeur des stocks aux prix courants à leur valeur comptable. Pour les autres années, nous avons estimé les stocks à

l'aide des données des tableaux entrées-sorties sur l'investissement dans les stocks. Comme il n'y a pas de dépréciation des stocks, les stocks d'une année correspondent aux stocks de l'année précédente plus l'investissement dans les stocks effectué durant l'année. Les déflateurs de prix des stocks ont été fixés à la moyenne des déflateurs de prix des matières premières et de la demande finale. Enfin, les estimations des stocks ont été rajustées en fonction des données sur les stocks du secteur des entreprises dans les comptes du bilan national.

Pour estimer l'intrant terrains par industrie, nous avons d'abord obtenu la valeur nominale des terrains au Canada pour la période 1961-1998 à partir des données des comptes du bilan national. Nous avons supposé que la quantité de terrains demeure constante et nous avons calculé son indice de prix. Nous avons ensuite retranché la valeur réelle des terres agricoles, résidentielles et publiques de la valeur réelle des terrains au Canada. Le solde des terrains non agricoles et non gouvernementaux a ensuite été réparti entre les industries. Pour la période 1972-1987, cette répartition est fondée sur la valeur comptable des terrains qui figure dans le bilan des industries. Pour les autres années, la valeur des terrains d'une industrie a été extrapolée en utilisant le taux de croissance des structures non résidentielles et en rajustant ensuite les résultats en fonction du total pour l'ensemble du pays figurant dans les comptes du bilan national.

Notre deuxième tâche consistait à produire des estimations du coût d'utilisation du capital par secteur industriel pour les cinq catégories d'éléments d'actif sur la période 1961-1998[3]. L'estimation du coût du capital a été faite à l'aide des données sur les taux d'imposition des sociétés, le crédit d'impôt à l'investissement, la valeur actualisée des déductions pour amortissement et les taux de dépréciation économique[4]. Pour calculer le taux fédéral et provincial combiné d'imposition des sociétés dans une industrie donnée, nous avons tenu compte des variations des taux d'imposition du revenu des sociétés selon la province, la taille des entreprises et la nature de leurs activités de production. Premièrement, les taux d'imposition du revenu des sociétés varient d'une province à l'autre. Il n'y a qu'un seul taux fédéral d'imposition des sociétés pour l'ensemble du pays, mais chaque province peut appliquer un taux différent. Deuxièmement, les sociétés privées sous contrôle canadien (SPCC) sont admissibles aux réductions d'impôt accordées aux petites entreprises. Ainsi, le taux réduit en 1996 s'établissait à 16 p. 100 des premiers 200 000 $ de revenu tiré des activités d'une société. Troisièmement, une réduction d'impôt est accordée depuis 1973 aux entreprises engagées dans

la fabrication et la transformation. Par exemple, depuis 1994, le crédit d'impôt pour les activités de fabrication et de transformation est de 7 p. 100 de l'impôt fédéral sur les bénéfices provenant de la fabrication et de la transformation qui ne sont pas admissibles à la réduction d'impôt accordée aux petites entreprises. Le tableau E.1 montre les taux fédéral et provincial combinés d'imposition des sociétés en 1996 selon la province, la taille de l'entreprise et le type d'activités de production.

Le taux d'imposition moyen des sociétés dans une industrie correspond à la somme pondérée des taux d'imposition prévus par la loi, en employant comme facteurs de pondération les parts appropriées du revenu imposable. Les données sur le revenu imposable par province, taille d'entreprise et industrie sont tirées des bilans et des états de revenu des industries. Ces sources nous fournissent la répartition du revenu imposable dans les 10 provinces au cours des périodes 1961-1987 et 1993-1996, ainsi que la part des déductions accordées aux petites entreprises par industrie au cours de la période 1974-1994. Les parts du revenu pour les autres années ont été fixées en fonction des parts de l'année la plus rapprochée.

Tableau E.1

Taux fédéral et provincial combiné d'imposition des sociétés en 1996

Province	Taux général	Taux des petites entreprises	Taux des petites entreprises, F et T[1]	Taux pour la F et T
Terre-Neuve	43,12	18,12	18,12	27,12
Île-du-Prince-Édouard	44,12	20,62	20,62	37,12
Nouvelle-Écosse	45,12	18,12	18,12	38,12
Nouveau-Brunswick	46,12	20,12	20,12	39,12
Québec	45,37	18,87	18,87	31,02
Ontario	44,62	22,62	22,62	35,62
Manitoba	46,12	23,12	23,12	39,12
Saskatchewan	46,12	21,12	21,12	39,12
Alberta	44,62	19,12	19,12	36,62
Colombie-Britannique	45,62	22,12	22,12	38,62

Source : Williamson et Lahmer, 1996.

[1] F et T : fabrication et transformation.

Afin de stimuler l'investissement, un crédit a été accordé à compter de 1976 pour les nouvelles installations de production. Fixé au départ à 5 p. 100 pour toutes les industries, le taux a été porté à 7 p. 100 en 1979 et des variations régionales assorties de taux plus élevés sont apparues. En 1989, les crédits d'impôt à l'investissement ont été abolis, sauf pour les provinces de l'Atlantique (Williamson et Lahmer, 1996).

Selon la méthode de l'amortissement dégressif, la valeur actualisée des déductions pour amortissement, dans l'équation du coût pour l'utilisateur, s'exprime comme suit (pour plus de précisions, voir Dougherty, 1992) :

$$(12) \quad z = t\alpha / \left[i(1-t)+\alpha\right],$$

tandis que la valeur actualisée des déductions pour amortissement selon la méthode linéaire correspond à :

$$(13) \quad z = \frac{\mu\alpha\left[1+i(1-t)\right]}{i(1-t)}\left(1-\frac{1}{\left[1+i(1-t)\right]^{T}}\right),$$

où α désigne le taux d'amortissement admissible aux fins de l'impôt, i est le taux d'intérêt nominal sur les bons du Trésor à trois mois du gouvernement canadien (matrice Cansim 2560, B140007) et T est la durée de service du bien.

Pour calculer la valeur actualisée des déductions pour amortissement, nous avons utilisé des taux de dépréciation géométrique de 5 p. 100 pour les structures et de 20 p. 100 pour le matériel sur la période 1961-1966. Au cours de cette période, le matériel a été amorti en deux ans (T=2, α=0,5) et les structures en cinq ans (T=5, α=0,2). Deuxièmement, avant 1981, les entreprises pouvaient se prévaloir de la déduction pour amortissement équivalant à une année complète à l'égard d'un élément d'actif acquis durant l'année. À compter de 1982, seule la moitié de la déduction normale pouvait être réclamée pour l'année d'acquisition de l'élément d'actif, le solde pouvant être amorti sur les années subséquentes. Troisièmement, des déductions pour amortissement accéléré ont été accordées après 1972 pour les machines et le matériel utilisés dans des activités de fabrication et de transformation (F et T). Les machines des entreprises de F et T pouvaient être amorties en deux ans durant la période 1972-1981 et en trois ans après 1981.

Le taux de dépréciation économique a été fixé de manière à correspondre au taux implicite des données sur le stock de capital et l'investissement. Il est égal

à la différence entre l'investissement brut d'une année et l'investissement net de la même année, divisée par le stock de capital au début de l'année :

$$(14) \quad K(t+1) = K(t)\left[1-\delta(t)\right] + I(t), \text{ ou encore } \delta(t) = \frac{I(t) - \left[K(t+1) - K(t)\right]}{K(t)}.$$

Les impôts fonciers des entreprises dans l'équation du coût pour l'utilisateur s'appliquent surtout aux terrains et aux structures, puisque les machines n'y sont pas assujetties. Pour estimer les taux d'imposition foncière, nous avons d'abord obtenu l'assiette de l'impôt foncier à partir des valeurs nominales des terrains et des structures au niveau « P » d'agrégation industrielle. Nous avons ensuite réparti l'assiette fiscale entre les différents impôts à la production à l'aide des tableaux entrées-sorties afin d'obtenir les taux moyens d'imposition foncière.

E.4 Résultats empiriques

DANS CETTE SECTION, NOUS PRÉSENTONS les indices de l'intrant capital de chaque industrie et de l'ensemble du secteur des entreprises pour la période 1961-1998. Ces indices sont agrégés à partir de cinq catégories d'éléments d'actif : les machines et le matériel (M et M), les structures (construction), les ouvrages d'ingénierie, les terrains et les stocks.

La figure E.1 montre la répartition de l'investissement fixe reproductible entre les différentes catégories d'actif[5]. La part des M et M dans l'investissement fixe réel a enregistré une croissance régulière durant la période 1961-1998. Passée de 34 p. 100 du total en 1961 à 60 p. 100 en 1998, la part du matériel dans l'investissement total a donc presque doublé au cours de la période. Cette augmentation de la part du matériel s'est faite au détriment des structures, dont la part est passée d'environ un quart de l'investissement total en 1961 à 13 p. 100 en 1998. De même, la part des ouvrages d'ingénierie a aussi chuté, passant d'environ 40 p. 100 à un peu plus de 25 p. 100 de l'investissement total durant cette période.

Ces tendances de l'investissement déterminent directement la composition du stock de capital. La part croissante des machines et du matériel dans l'investissement total se traduit par une hausse de la part de cette catégorie d'actif dans le stock total de capital, comme l'indique la figure E.2. La part de la catégorie machines et matériel dans l'ensemble du capital est celle qui a enregistré la croissance la plus rapide. Elle est passée de 13 p. 100 en 1961 à

22 p. 100 en 1998. La part des structures s'est aussi accrue entre 1961 et 1998, tandis que celle des stocks est demeurée pratiquement inchangée. La part des terrains a fortement reculé au cours de la période, passant de 37 p. 100 du stock total de capital en 1961 à un peu plus de 10 p. 100 en 1998. Les terrains représentaient la composante la plus importante du stock total de capital en 1961. Toutefois, leur part était tombée au-dessous de celles des machines et du matériel, des structures non résidentielles et des ouvrages d'ingénierie en 1998. Cette évolution de la structure du stock de capital vers les biens d'équipement ayant une brève durée de service constitue une importante source d'amélioration de la qualité du capital.

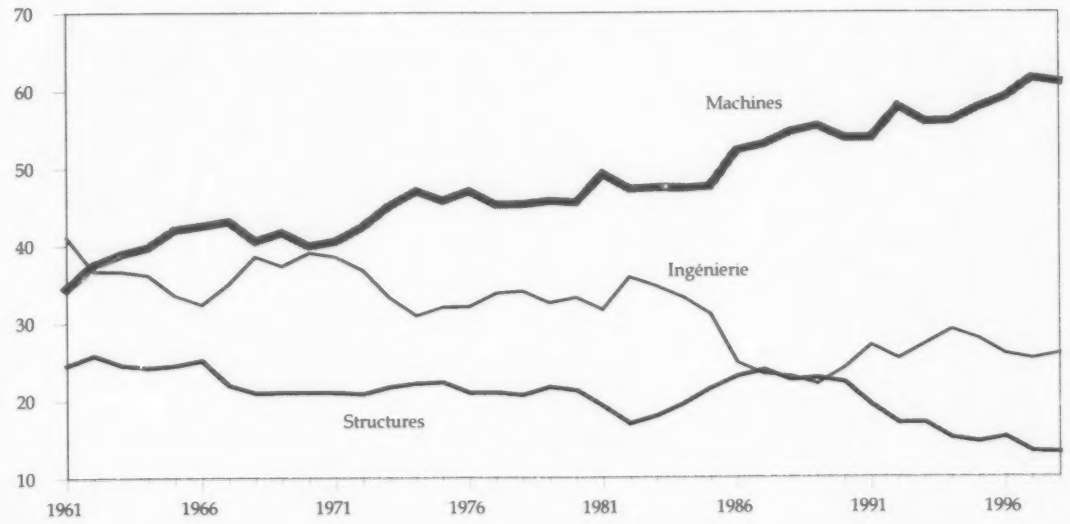
Toutes choses égales par ailleurs, les biens d'équipement ayant une brève durée de service ont un taux de dépréciation plus rapide et, donc, un coût pour l'utilisateur relativement élevé. Cette observation ressort clairement de la figure E.3, où le matériel affiche les coûts pour l'utilisateur les plus élevés durant presque toute la période 1961-1995. L'intrant terrains montre le coût pour l'utilisateur le moins élevé durant la majeure partie de la période. Par rapport aux ouvrages d'ingénierie, le coût pour l'utilisateur du matériel et des structures a diminué au cours de la période 1961-1995. La baisse du coût relatif pour l'utilisateur du matériel est principalement attribuable à la baisse du prix du matériel par rapport à celui des structures. La figure E.3 fait voir également que le coût du capital pour l'utilisateur fluctue beaucoup sur l'ensemble du cycle économique.

La figure E.4 montre les indices de l'intrant capital, du stock de capital et de la qualité du capital dans le secteur des entreprises[6]. Les indices des services du capital, du stock de capital et de la qualité du capital ont tous augmenté durant la période 1961-1998. La croissance des services du capital a été plus rapide que celle du stock de capital, ce qui traduit en partie le remplacement de structures ayant une longue durée de service et un faible coût pour l'utilisateur par du matériel ayant une courte durée de service et un coût élevé pour l'utilisateur. Cette évolution de la structure du stock de capital a directement entraîné une hausse de la qualité du capital durant la période.

Le tableau E.2 présente une décomposition de la croissance de l'intrant capital dans le secteur des entreprises pour la période 1961-1998 et trois sous-périodes : 1961-1973, 1973-1988 et 1988-1998. L'intrant capital a augmenté à un taux annuel de 3,11 p. 100 dans le secteur des entreprises entre 1961 et 1998. De cette croissance de 3,11 p. 100 de l'intrant capital, l'apport de l'accumulation du capital a été de 2,63 points de pourcentage, tandis que celui du changement dans la composition ou la qualité du capital a été de 0,48 point de pourcentage.

Figure E.1

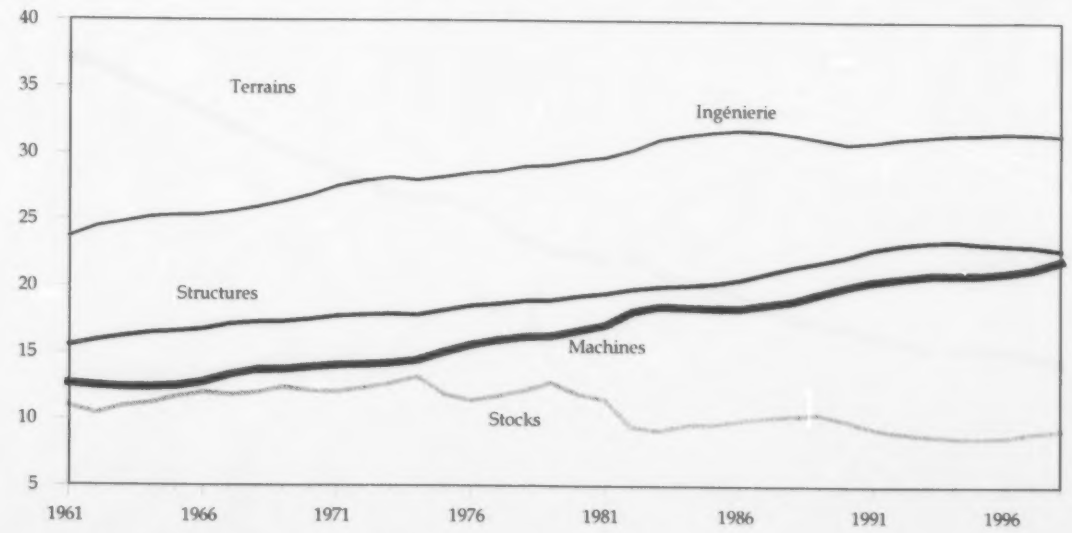
Part de l'investissement par catégorie d'actif (%)*



* Investissement en dollars constants de 1992.

Figure E.2

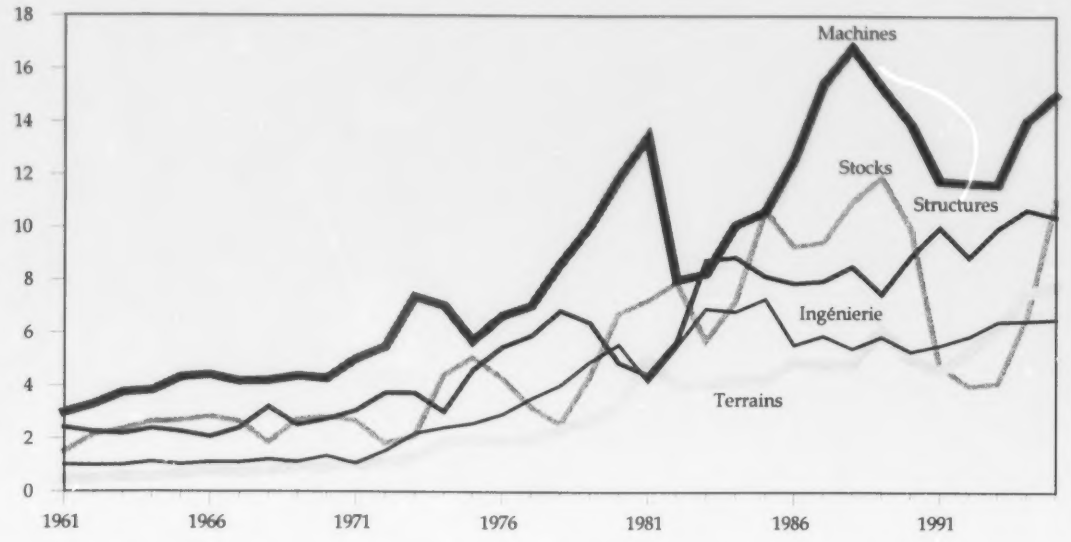
Part du stock de capital par catégorie d'actif (%)*



* Stock de capital en dollars constants de 1992.

Figure E.3

Coût pour l'utilisateur par catégorie d'actif (%)*



* Le coût pour l'utilisateur est fixé à 1,0 en 1961 pour les ouvrages d'ingénierie.

Figure E.4

Indices de l'intrant capital, du stock de capital et de la qualité du capital

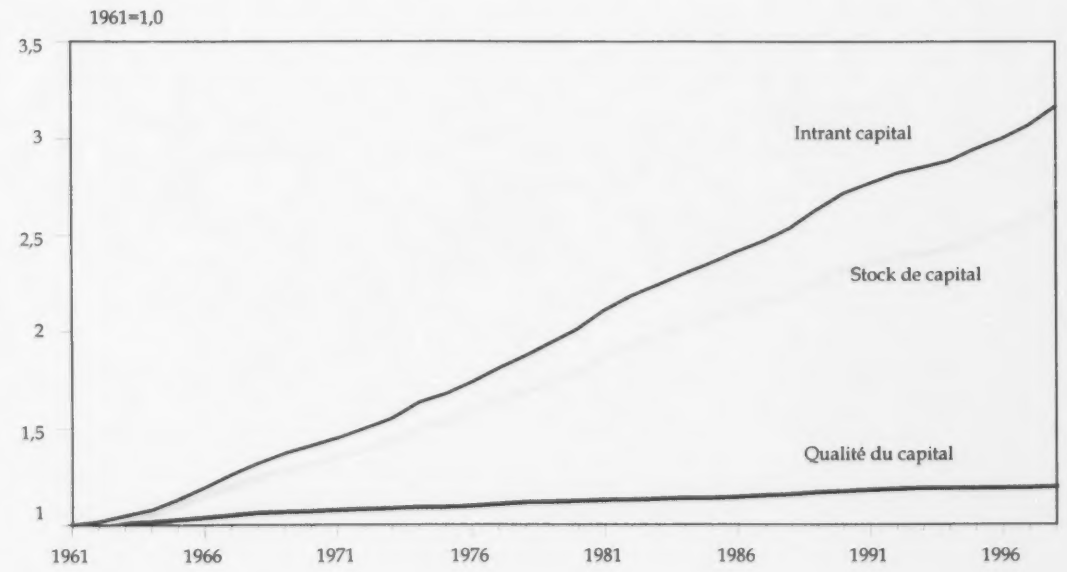


Tableau E.2

Décomposition de la croissance de l'intrant capital dans le secteur des entreprises (%)

	1961-1998	1961-1973	1973-1988	1988-1998
Croissance de l'intrant capital	3,11	3,65	3,28	2,21
Croissance du stock de capital	2,63	2,98	2,85	1,88
Croissance de la qualité du capital	0,48	0,67	0,43	0,32

La faible croissance enregistrée pendant les années 90 est la tendance la plus notable de l'intrant capital dans le secteur des entreprises. L'indice de l'intrant capital a augmenté de 2,21 p. 100 par année au cours de la période 1988-1998, comparativement à 3,65 p. 100 durant la période 1961-1973 et à 3,28 p. 100 durant la période 1973-1988.

Nous avons aussi construit des indices de l'intrant capital, du stock de capital et de la qualité du capital pour chaque industrie couvrant la période 1961-1998 (voir le chapitre 3). Nos estimations indiquent que la croissance de l'intrant capital a dépassé celle du stock de capital et que la qualité du capital s'est améliorée dans la majorité des industries durant cette période.

Les mesures de l'intrant capital présentées ci-dessus sont construites à partir de données sur le stock de capital obtenues avec la méthodologie du BEA. Le stock de capital en machines et matériel a été estimé en employant un taux d'amortissement dégressif de 1,65, tandis que le stock de capital sous forme de structures a été estimé en utilisant un taux d'amortissement dégressif de 0,91. À des fins de comparaison, nous avons aussi élaboré des indices de l'intrant capital à partir des données sur le stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada. Ces données sont produites en appliquant une méthode modifiée d'amortissement dégressif à taux double (pour plus de détails, voir l'appendice C). Les résultats sont présentés au tableau E.3. Une comparaison des tableaux E.2 et E.3 indique que le stock de capital fondé sur la base de données KLEMS a crû à un rythme beaucoup plus lent que le stock de capital calculé à l'aide de la méthodologie américaine. La croissance de l'intrant capital obtenue par l'agrégation des données sur le stock de capital de la base de données KLEMS était aussi plus lente.

Tableau E.3

Décomposition de la croissance de l'intrant capital dans le secteur des entreprises

Selon les données sur le stock de capital de la base de données KLEMS de Statistique Canada (%)

	1961-1998	1961-1973	1973-1988	1988-1998
Croissance de l'intrant capital	2,71	3,47	2,90	1,52
Croissance du stock de capital	1,85	2,40	1,98	1,01
Croissance de la qualité du capital	0,86	1,07	0,92	0,52

E.5 Conclusion

DANS CET APPENDICE, NOUS AVONS PRÉSENTÉ LA MÉTHODOLOGIE d'estimation des indices de l'intrant capital et de la qualité du capital pour chaque industrie et l'ensemble du secteur des entreprises au cours de la période 1961-1998. Nous avons constaté que l'intrant capital, le stock de capital et la qualité du capital ont tous augmenté dans le secteur des entreprises durant cette période. Une décomposition de la croissance de l'intrant capital indique que l'accumulation du capital et l'évolution de la composition du capital ont toutes deux contribué à la croissance de l'intrant capital dans le secteur des entreprises. L'augmentation de l'intrant capital et de la qualité du capital a été généralisée dans l'ensemble des industries au cours de la période 1961-1998.

Une tendance notable de l'intrant capital a été la croissance lente enregistrée durant les années 90. Le taux de croissance annuel de l'intrant capital a été inférieur de plus d'un point de pourcentage durant les années 90 qu'au cours des trois décennies précédentes. Cette tendance a été observée en dépit de la hausse spectaculaire des investissements dans les technologies de l'information et des communications pendant les années 90.

Notes

1 Mais ce n'est qu'en 1993 que le BLS a développé des mesures analogues de l'intrant travail tenant compte des caractéristiques des travailleurs comme l'âge, le sexe et la scolarité.

2 On fait parfois une distinction entre le coût du capital pour l'utilisateur et le prix de location du capital (Jorgenson et Yun, 1991). Dans l'équation (3), c_k est généralement désigné comme le prix de location des services du capital, qui mesure le coût unitaire d'utilisation d'un bien d'investissement durant une période donnée. Par définition, le coût du capital est égal au prix de location des services du capital divisé par le prix d'acquisition du bien d'investissement. Le coût du capital permet donc de transformer le prix d'acquisition du bien d'investissement en son prix de location. Dans cette étude, nous utilisons le prix de location et le coût du capital pour l'utilisateur de façon interchangeable. Ils permettent tous deux de mesurer le coût unitaire d'utilisation d'un bien d'investissement pendant une période donnée.

3 Au moment de la réalisation de l'étude, aucune estimation de la rémunération du capital par secteur n'était disponible après 1995. Nous avons supposé que le coût du capital pour la période 1996-1998 était le même qu'en 1995 aux fins de la construction de l'intrant capital.

4 Dans cette étude, le coût du capital ne tient pas compte de toutes les dispositions du régime d'imposition des sociétés pouvant avoir une incidence sur le coût des services du capital pour l'utilisateur au cours d'une période donnée. Par exemple, les estimations du coût pour l'utilisateur ne tiennent pas compte du traitement spécial accordé aux banques et aux compagnies d'assurance, des dispositions relatives aux coûts irrécupérables de prospection et de forage, ainsi que des allocations d'épuisement dans les industries d'extraction des ressources. Dans la mesure où ces traitements fiscaux spéciaux ont le même effet proportionnel sur le coût d'utilisation de tous les types d'éléments d'actif d'une industrie, ils n'auront pas d'incidence sur les indices des services du capital et de la qualité du capital dans cette industrie.

5 On suppose que la valeur réelle du stock de terrains est constante dans l'ensemble du secteur des entreprises et qu'il n'y a pas d'investissement dans les terrains. L'investissement dans les stocks est très sensible aux fluctuations cycliques. Par conséquent, nous ne présentons que la composition de l'investissement fixe reproductible.

6 Aux fins de la construction de l'intrant capital, nous avons supposé que le coût pour l'utilisateur d'un élément d'actif au cours de la période 1996-1998 était le même qu'en 1995.

Appendice F :
Évolution de la composition de la main-d'œuvre au Canada, 1961-1995

Wulong Gu et Jean-Pierre Maynard

F.1 Introduction

DANS CET APPENDICE, NOUS PRÉSENTONS LA MÉTHODOLOGIE employée pour estimer l'intrant travail dans l'ensemble du secteur des entreprises et dans chaque industrie sur la période 1961-1995. Contrairement à la mesure simple du nombre d'heures travaillées, l'estimation de l'intrant travail employée dans notre étude tient compte des changements dans la composition ou la qualité de la main-d'œuvre (travailleurs relativement plus scolarisés et plus âgés). Les estimations reposent sur les données individuelles du Recensement de la population. Elles incorporent aussi les données annuelles de l'Enquête sur les finances des consommateurs (EFC) et les données mensuelles de l'Enquête sur la population active (EPA).

Le nombre d'heures travaillées (ou l'emploi) serait une mesure valable de l'intrant travail aux fins de l'analyse de la productivité si les travailleurs étaient tous homogènes. Cependant, ils se différencient selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi (salarié ou travailleur autonome) et la composition de la main-d'œuvre change avec le temps. Mais le nombre d'heures travaillées est relativement facile à estimer et cette variable est largement utilisée dans les analyses de la productivité. Statistique Canada emploie le nombre d'heures travaillées dans ses estimations détaillées de la productivité au niveau de l'industrie (Statistique Canada, 1994b). Autre exemple, jusqu'à la publication de l'étude du Bureau of Labor Statistics sur la composition de la main-d'œuvre (BLS, 1993), toutes les estimations officielles de la productivité faites par cet organisme reposaient sur les heures travaillées comme mesure de l'intrant travail.

Jorgenson, Gollop et Fraumeni (1987) ont construit des données sur l'intrant travail pour 51 industries et l'ensemble de l'économie civile américaine englobant la période 1947-1979. Leur mesure tient compte des changements dans la composition de la main-d'œuvre selon l'âge, le sexe, la scolarité, la catégorie d'emploi et la profession. Ho et Jorgenson (1999) ont poussé plus loin l'analyse et estimé l'intrant travail pour l'économie civile américaine sur

la période 1948-1995. Le BLS (1993) a estimé l'intrant travail pour l'économie commerciale privée américaine en intégrant les changements démographiques qui ont influé sur la population active, comme la hausse du niveau de scolarité, le boom des naissances et l'effondrement de la natalité, et la hausse du taux d'activité des femmes.

Des estimations de l'intrant travail ont été faites pour le Canada par Dougherty (1992) et par Jorgenson et Yip (1999). Les indices de l'intrant travail de Dougherty (1992) ont été agrégés à partir de données sur la main-d'œuvre ventilées selon le niveau de scolarité et la catégorie d'emploi. Jorgenson et Yip (1999) ont prolongé l'analyse en élaborant des données sur l'intrant travail dans l'économie canadienne pour la période 1960-1995.

Dans la section F.2, nous présentons la méthodologie employée pour construire les indices de l'intrant travail. La section F.3 donne une description des sources de données ayant servi à construire les indices et de la méthodologie employée pour produire des séries chronologiques annuelles des heures travaillées et de la rémunération du travail, ventilées selon l'âge, le sexe, la scolarité, la catégorie d'emploi et l'industrie. Dans la section F.4, nous présentons les estimations de l'intrant travail et nous analysons l'apport à la composition de la main-d'œuvre de changements démographiques tels que la hausse du niveau de scolarité, le boom des naissances et l'effondrement de la natalité, et la hausse du taux d'activité des femmes. La section F.5 renferme nos conclusions.

F.2 Méthode de construction des indices de l'intrant travail[1]

LES INDICES DE L'INTRANT TRAVAIL ont été élaborés à l'aide de données sur les heures travaillées et la rémunération par heure travaillée et par catégorie de travailleurs. Pour construire un indice de l'intrant travail, nous supposons que l'intrant travail (L) peut s'exprimer par une fonction translog de ses composantes individuelles. Le taux de croissance de l'intrant travail est donc une moyenne pondérée des taux de croissance de ses composantes $\{L_I\}$:

$$(1) \qquad \Delta \ln L = \sum_I \bar{v}_I \Delta \ln L_I ,$$

où Δ désigne une différence première ou un changement entre deux périodes consécutives, par exemple :

(2) $\Delta \ln L = \ln L(t) - \ln L(t-1)$.

La part moyenne de la valeur de la rémunération du travail correspondant à chaque composante est utilisée comme facteur de pondération :

(3) $\bar{v}_l = \frac{1}{2}\left[v_l(t) + v_l(t-1)\right], \quad v_l = \frac{p_l^L L_l}{\sum_l p_l^L L_l},$

où $\{p_l^L\}$ est la rémunération horaire de toutes les catégories de travailleurs. Au point d'équilibre du marché, la rémunération horaire d'un travailleur est égale à son produit marginal. Par conséquent, l'agrégation des intrants liés au travail par le biais des taux de rémunération permet de tenir compte des différences de contribution des diverses catégories de travailleurs à la production.

Pour chaque catégorie de travailleurs, nous supposons que l'intrant travail $\{L_l\}$ est proportionnel aux heures travaillées $\{H_l\}$:

(4) $L_l(t) = Q_l H_l(t)$,

où les constantes de proportionnalité $\{Q_l\}$ permettent de transformer les heures travaillées en flux de services du travail.

À l'aide de l'équation (4), nous pouvons remanier l'équation (1) et exprimer le taux de croissance de l'intrant travail en fonction des composantes des heures travaillées $\{H_l\}$:

(5) $\Delta \ln L = \sum_l \bar{v}_l \Delta \ln L_l = \sum_l \bar{v}_l \Delta \ln H_l$.

Par définition, le changement dans la composition ou la qualité de l'intrant travail est égal à la différence entre la croissance de l'intrant travail et la somme non pondérée des heures travaillées :

(6) $\Delta \ln Q^L = \Delta \ln L - \Delta \ln H$,

où $H = \sum_l H_l$ est la somme non pondérée des heures travaillées. Cet indice de qualité permet de mesurer l'apport à l'intrant travail attribuable à la substitution entre ses composantes. On peut exprimer le taux de croissance de la qualité du travail en fonction de ses composantes :

$$(7) \qquad \Delta \ln Q^L = \sum_l \bar{v}_l \Delta H_l - \Delta \ln H \cdot$$

Un examen de l'équation (7) indique que la qualité du travail demeure inchangée si toutes les composantes des heures travaillées augmentent au même rythme. La qualité du travail s'améliore si la part des travailleurs relativement mieux rémunérés (les travailleurs plus scolarisés et plus âgés) augmente. La qualité du travail diminue si la part de ces travailleurs fléchit.

Afin de déterminer l'apport à l'intrant travail de caractéristiques des travailleurs comme le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi, nous avons élaboré des indices partiels de l'intrant travail correspondant à ces caractéristiques. À cette fin, nous avons utilisé la notation H_{saec} pour les composantes des heures travaillées, ventilées selon le sexe s, l'âge a, le niveau de scolarité e, et la catégorie d'emploi c. Nous avons aussi tenu compte de la part de ces composantes dans la valeur de la rémunération du travail, v_{saec}. Un indice partiel de l'intrant travail correspondant, par exemple, à la répartition selon le sexe pourrait être défini ainsi :

$$(8) \qquad \Delta \ln L^{sex} = \sum_s \bar{v}_s \Delta \ln H_s \,,$$

$$= \sum_s \bar{v}_s \Delta \ln \left(\sum_a \sum_e \sum_c H_{saec} \right),$$

où :

$$\bar{v}_s = \frac{1}{2}\left[v_s(t) + v_s(t-1) \right],$$

$$v_s = \sum_a \sum_e \sum_c v_{saec} \cdot$$

L'indice partiel de l'intrant travail correspondant à la répartition selon le sexe ne capte que la substitution entre les deux sexes. Par ailleurs, les indices partiels de l'intrant travail selon l'âge, la scolarité ou la catégorie d'emploi mesurent la substitution entre les groupes d'âge, les niveaux de scolarité et les catégories d'emploi, respectivement.

Le taux de croissance de l'indice partiel de la qualité du travail correspond à la différence entre le taux de croissance de l'indice partiel de l'intrant travail et celui des heures travaillées. Ces indices partiels de la qualité mesurent séparément l'apport à la qualité du travail attribuable au sexe, à l'âge, à la scolarité et à la catégorie d'emploi.

F.3 Sources de données et construction des données

LES DEUX ENSEMBLES DE DONNÉES utilisés pour la construction de l'intrant travail sont les matrices des heures travaillées par année et des gains annuels des travailleurs. Pour assurer la comparabilité des mesures de l'intrant de travail entre le Canada et les États-Unis, nous avons employé un système de classification semblable à celui utilisé pour les États-Unis par Ho et Jorgenson (1999). Nous avons retenu 2 sexes, 7 groupes d'âge, 4 niveaux de scolarité et 3 catégories d'emploi, comme il ressort du tableau F.1. Notre classification comporte au total 2 x 7 x 4 x 3 = 168 catégories de travailleurs et 123 industries dans le secteur des entreprises.

Tableau F.1

Classification de la main-d'œuvre canadienne

Caractéristiques des travailleurs	Nombre de catégories	Description
Sexe	2	Hommes; femmes
Catégorie d'emploi	3	Employés rémunérés; employés autonomes; travailleurs familiaux non rémunérés
Âge	7	15-17; 18-24; 25-34; 35-44; 45-54; 55-64; 65+
Scolarité	4	0-8 ans, cours primaire; cours secondaire partiel ou complété; cours postsecondaire partiel ou complété; cours universitaire ou plus élevé

La tâche consiste donc à produire des estimations annuelles des heures travaillées et des gains des travailleurs pour les 20 664 cellules de la classification ventilée entre 168 catégories de travailleurs et 123 industries sur la période 1961-1995. Les principales caractéristiques de notre méthodologie sont les suivantes. Nous utilisons les données des recensements de la population de 1961, 1971, 1981, 1986, 1991 et 1996. Nous employons les fichiers de micro-données du recensement pour construire les matrices de référence des heures travaillées par année et des gains annuels, pour les années de référence des recensements (l'année précédant le recensement)[2]. Nous utilisons

ensuite les données de l'Enquête sur la population active (EPA) et de l'Enquête sur les finances des consommateurs (EFC) pour calculer les matrices des heures et des gains des années comprises entre les années de référence des recensements. À cette fin, nous employons la méthode de l'ajustement proportionnel itératif (pour plus de détails, voir Jorgenson, Gollop et Fraumeni, 1987). Une moyenne pondérée des deux matrices de référence avoisinantes est utilisée pour initialiser la méthode de l'ajustement proportionnel. Les données sur les heures travaillées et les gains annuels de l'EPA et de l'EFC sont employées pour neutraliser la distribution marginale des heures travaillées et des gains des travailleurs selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi. Toutes les matrices des heures travaillées et des gains des travailleurs sont ensuite rajustées en fonction des données sur les heures travaillées et les gains annuels par industrie et par catégorie d'emploi du compte de productivité de Statistique Canada.

F.3.1 Matrices des heures travaillées par année

F.3.1.1 Matrices de référence du recensement

Le recensement nous fournit des matrices de référence des heures travaillées annuellement pour les années de référence 1960, 1970, 1980, 1985, 1990 et 1995. Les fichiers de micro-données renferment des données sur le sexe, l'âge, la scolarité, l'industrie et la catégorie d'emploi, ainsi que sur les heures travaillées pendant la semaine qui a précédé le recensement (semaine de référence) pour chaque membre du ménage recensé. Ces fichiers contiennent aussi des données sur les semaines travaillées et le revenu tiré d'un emploi rémunéré ou d'un travail autonome durant l'année précédant le recensement (année de référence). À l'aide de ces fichiers de micro-données du recensement, nous avons construit des matrices des heures travaillées par année pour les 20 664 cellules de la classification ventilée selon 168 catégories de travailleurs et 123 industries. Le nombre d'heures travaillées par personne employée durant une année de référence est calculé en multipliant le nombre de semaines travaillées pendant l'année de référence par le nombre d'heures travaillées pendant la semaine de référence[3].

À compter du recensement de 1981, les travailleurs autonomes ont été répartis selon qu'ils possédaient, ou non, une entreprise constituée en société. Nous avons regroupé dans la catégorie des emplois rémunérés les salariés et les travailleurs autonomes possédant une entreprise constituée en société.

La catégorie des travailleurs autonomes ne comprend donc que ceux qui n'avaient pas constitué leur entreprise en société.

Lors du recensement de 1971, on a simplement demandé aux gens d'indiquer s'ils étaient travailleurs autonomes ou salariés. Aucune distinction n'était faite entre les travailleurs autonomes qui avaient constitué leur entreprise en société et les autres. Toutefois, on faisait une distinction entre le revenu d'un travail autonome provenant d'une entreprise non constituée en société et le revenu provenant d'une entreprise constituée en société. Le revenu provenant d'une entreprise non constituée en société était considéré comme un revenu tiré d'un travail autonome, tandis que le revenu provenant d'une entreprise constituée en société était assimilé aux traitements et salaires. Nous avons employé cette distinction pour reclasser les travailleurs entre la catégorie des emplois rémunérés et celle du travail autonome. Nous avons classé un travailleur comme salarié si son revenu provenant de traitements et salaires était supérieur au revenu qu'il avait tiré d'un travail autonome. Par contre, nous l'avons classé comme travailleur autonome si son revenu provenant d'un travail autonome était supérieur au revenu qu'il avait tiré de traitements et salaires.

L'appartenance à une catégorie d'emploi aux fins du recensement dépend du fait que la personne est salariée, travailleur autonome ou travailleur familial non rémunéré au cours de la semaine de référence. Toutefois, la situation d'emploi d'une personne durant la semaine de référence ne reflète pas nécessairement sa situation pendant toute l'année de référence. Nous avons donc reclassé un travailleur dans la catégorie des emplois rémunérés ou dans celle du travail autonome en comparant son revenu de salarié et son revenu de travailleur autonome au cours de l'année de référence.

Les fichiers de micro-données ne sont pas disponibles pour le recensement de 1961. Mais les publications existantes sur le recensement de 1961 nous fournissent des données très détaillées sur l'emploi sous forme de tableaux à une, deux et même trois entrées, notamment : 1) le nombre de travailleurs salariés selon le sexe et l'industrie; 2) le nombre de travailleurs selon le sexe, l'âge, la scolarité et la situation d'emploi; 3) le nombre de travailleurs selon le sexe, l'âge et la situation d'emploi; 4) le nombre de travailleurs selon le sexe, l'âge et l'industrie; 5) le nombre de travailleurs possédant une scolarité universitaire et le nombre de travailleurs possédant une scolarité postsecondaire. Nous avons utilisé ces tableaux à multiples entrées pour produire une matrice complète de l'emploi – des tableaux à six entrées de

l'emploi selon le sexe, l'âge, la scolarité, l'industrie et la catégorie d'emploi. La valeur de chaque cellule de la matrice de l'emploi de 1961 a d'abord été initialisée à sa valeur en 1970. Tous les recoupements pour 1961 ont ensuite été utilisés dans la méthode de l'ajustement proportionnel itératif pour faire correspondre la répartition de l'emploi entre les cellules. Afin d'obtenir la matrice des heures travaillées de 1961, nous avons multiplié l'estimation de l'emploi en 1961 par la moyenne annuelle des heures travaillées en 1970 pour chaque catégorie de travailleurs.

F.3.1.2 Estimation des matrices des heures travaillées dans les années intercensitaires à l'aide de l'Enquête sur la population active (EPA)

Pour la période 1976-1995, nous avons utilisé les fichiers de micro-données de l'EPA afin d'obtenir des tableaux à une seule entrée des heures travaillées annuellement selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi. Ces tableaux ont ensuite servi de valeurs limites de contrôle dans la méthode de l'ajustement itératif afin de calculer les matrices des heures travaillées entre les recensements au cours de cette période. Pour la période 1961-1975, nous avons estimé la matrice des heures travaillées en faisant la moyenne pondérée des deux matrices avoisinantes et nous l'avons ensuite rajustée en fonction des heures travaillées par industrie et par catégorie d'emploi figurant dans le compte de la productivité de Statistique Canada.

L'EPA fournit mensuellement des données pour chaque catégorie de travailleurs selon les caractéristiques habituelles : heures travaillées, sexe, âge, scolarité et catégorie d'emploi durant la semaine de référence (généralement la semaine du 15^{e} jour du mois). Pour chaque catégorie de travailleurs, les données annuelles sur les heures travaillées sont calculées en multipliant la moyenne hebdomadaire des heures travaillées durant une année par le nombre de semaines de travail dans une année (fixé à 52 semaines). Pour les détenteurs d'emplois multiples, les heures travaillées dans le deuxième emploi sont ajoutées à la catégorie d'emploi dont fait partie le deuxième emploi.

En janvier 1990, des révisions ont été apportées aux questions posées pour mesurer le niveau de scolarité des répondants à l'EPA. Entre 1976 et 1989, la scolarité reflétait le nombre d'années d'études terminées au primaire et au secondaire. L'enseignement postsecondaire se limitait aux programmes nécessitant normalement un diplôme d'études secondaires. Depuis janvier

1990, la scolarité reflète l'année d'études terminée la plus avancée. Le niveau postsecondaire englobe maintenant toutes les études menant à l'obtention d'un diplôme, d'un certificat ou d'une attestation décerné par un établissement d'enseignement. Le diplôme d'études secondaires n'est donc plus mentionné dans cette nouvelle définition du niveau postsecondaire. Ces changements apportés aux questions relatives au niveau de scolarité se sont traduits par un reclassement des répondants du niveau secondaire au niveau postsecondaire en 1990, comme en témoigne la figure F.3.

F.3.2 Matrices des gains annuels des travailleurs

F.3.2.1 Matrices de référence du Recensement

Pour construire des séries chronologiques sur les gains annuels des travailleurs par catégorie d'emploi, nous avons aussi procédé en deux étapes. Premièrement, nous avons élaboré des matrices de référence des gains des travailleurs pour les années de référence des recensements. Nous avons ensuite utilisé les données sur les gains provenant de l'EPA pour estimer les matrices des gains annuels des travailleurs entre les recensements.

Le recensement fournit des données sur le revenu de traitements et salaires des travailleurs salariés[4]. Le revenu supplémentaire comme les cotisations des employés à des régimes de pension ou à l'assurance-chômage n'est pas inclus dans les données sur les traitements et salaires. Mais il devrait être compris dans la rémunération du travail puisqu'il fait partie du coût de l'intrant travail dans l'optique de l'employeur. Pour résoudre ce problème, nous avons corrigé les matrices des gains du recensement pour les faire correspondre à la rémunération sectorielle totale des travailleurs rémunérés dans le compte de productivité de Statistique Canada. En somme, nous avons réparti la rémunération sectorielle entre les diverses catégories de travailleurs rémunérés de façon proportionnelle à leur revenu provenant de traitements et salaires.

Une deuxième question a trait à l'estimation des gains des travailleurs autonomes. Selon les données du recensement, le revenu des travailleurs autonomes comprend le revenu du travail et le revenu tiré de biens. Pour calculer les gains provenant d'un travail autonome, nous avons apporté deux rajustements aux données du recensement. Premièrement, le revenu d'un travail autonome a été fixé à zéro pour les travailleurs ayant déclaré un revenu négatif au titre d'un travail autonome, parce que celui-ci est presque certainement lié à

l'utilisation de capital. Deuxièmement, Statistique Canada estime les gains des travailleurs autonomes dans une industrie en supposant que les gains horaires sont identiques pour les travailleurs autonomes et les travailleurs rémunérés. Nous avons utilisé les gains sectoriels tirés d'un travail autonome pour rajuster les matrices des gains.

Une troisième question concerne le traitement des travailleurs familiaux non rémunérés. Il s'agit des personnes qui travaillent sans être rémunérées sur une ferme ou dans une entreprise commerciale ou professionnelle détenue et exploitée par un autre membre de la famille. Aux fins de la présente étude, nous avons fixé les gains des travailleurs familiaux non rémunérés à zéro[5]. Dans la mesure où ces travailleurs contribuent à la production d'une industrie, notre mesure de l'intrant travail comportera une sous-estimation. Mais toute distorsion sera probablement négligeable puisque la part des travailleurs familiaux non rémunérés dans l'emploi total est très faible.

En l'absence de fichiers de micro-données pour le recensement de 1961, nous avons utilisé la méthode de l'ajustement itératif pour estimer la matrice des gains de 1961. Nous avons d'abord multiplié les gains horaires d'un travailleur en 1970 par le total annuel de ses heures de travail en 1961. La matrice ainsi obtenue a ensuite servi à initialiser notre méthode d'ajustement itératif. Les valeurs limites de contrôle de la méthode de l'ajustement itératif comprennent le revenu annuel par industrie pour les travailleurs rémunérés (hommes et femmes) et le revenu annuel selon le sexe, l'âge et la scolarité.

F.3.2.2 Estimation des matrices de gains pour les années intercensitaires à l'aide des données de l'Enquête sur la population active (EPA)

Pour la période 1976-1995, nous avons utilisé les données sur les gains provenant de l'EPA afin d'estimer les matrices des gains entre les recensements. Premièrement, nous avons utilisé les fichiers de micro-données de l'EPA pour estimer les gains horaires selon le sexe, l'âge, la scolarité et la situation d'emploi. Puis, nous avons multiplié les gains horaires par les heures travaillées selon les données de l'EPA pour obtenir des tableaux à une entrée des gains annuels selon le sexe, l'âge, la scolarité et la situation d'emploi. Ces tableaux ont servi de valeurs limites de contrôle dans notre méthode d'ajustement itératif pour estimer les matrices des gains entre les années de référence des recensements[6]. Pour la période 1961-1975, nous avons calculé la matrice des gains en faisant la moyenne pondérée des deux matrices de gains

avoisinantes, puis nous avons rajusté la matrice obtenue en fonction de la rémunération totale sectorielle.

F.4 Résultats empiriques

DANS CETTE SECTION, NOUS PRÉSENTONS LES INDICES de l'intrant travail pour la période 1961-1995. Ces indices sont agrégés à partir de données sur 168 catégories de travailleurs répartis selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi.

F.4.1 Tendances des heures travaillées

L'évolution de la composition des heures travaillées a un effet soit positif soit négatif sur l'intrant travail. Le changement dans la composition des heures travaillées contribue positivement à l'intrant travail si la part des travailleurs à gains relativement élevés augmente, par exemple un nombre relativement plus élevé de travailleurs mieux scolarisés, de travailleurs dans la force de l'âge, de travailleurs rémunérés par rapport aux travailleurs autonomes ou de travailleurs de sexe masculin par rapport aux travailleurs de sexe féminin.

La figure F.1 montre que la part des heures travaillées par les travailleurs de sexe masculin a diminué régulièrement entre 1961 et 1995 dans le secteur des entreprises. La part des femmes a presque doublé durant cette période, passant d'environ 20 p. 100 en 1961 à près de 40 p. 100 en 1995.

La figure F.2 fait voir l'évolution de l'ensemble des heures travaillées par groupe d'âge entre 1961 et 1995. Durant la période 1961-1980, la part des heures travaillées par les travailleurs âgés de 15 à 24 ans a augmenté régulièrement à mesure que les membres de la génération du baby-boom entraient dans la population active. La part des travailleurs d'âge mûr (35 à 54 ans) a baissé, passant de 45 à 35 p. 100 du total pendant cette période. Toutefois, la tendance s'est inversée au début des années 80, au moment où la cohorte des travailleurs du baby-boom est passée dans la catégorie des travailleurs d'âge mûr. La part des travailleurs de cette catégorie a alors remonté de 37 à 50 p. 100 au cours de cette période. Ces tendances dans la ventilation par âge des heures travaillées sont les principaux facteurs déterminants de l'évolution de la qualité du travail dans le secteur des entreprises.

Figure F.1
Part des heures travaillées par les travailleurs masculins dans le secteur des entreprises (%)

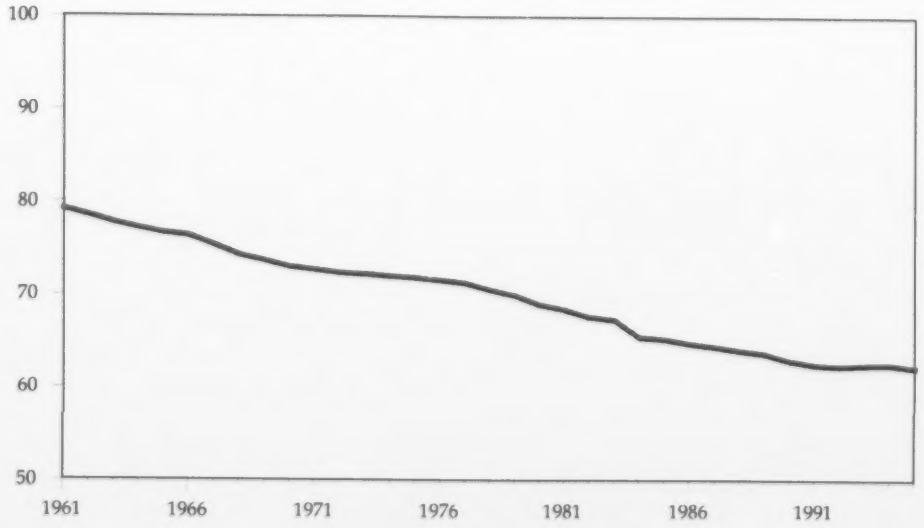


Figure F.2
Part des heures travaillées par groupe d'âge dans le secteur des entreprises (%)

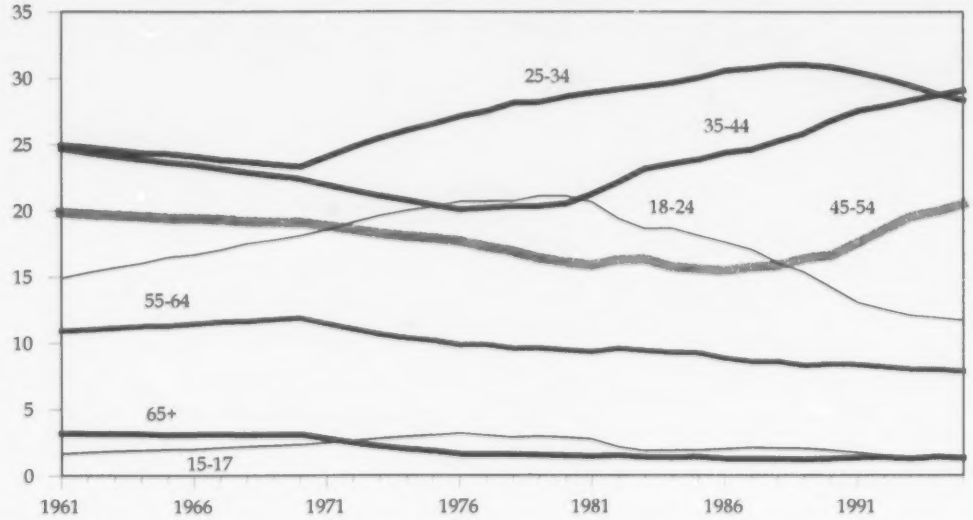


Figure F.3
Part des heures travaillées par niveau de scolarité dans le secteur des entreprises (%)

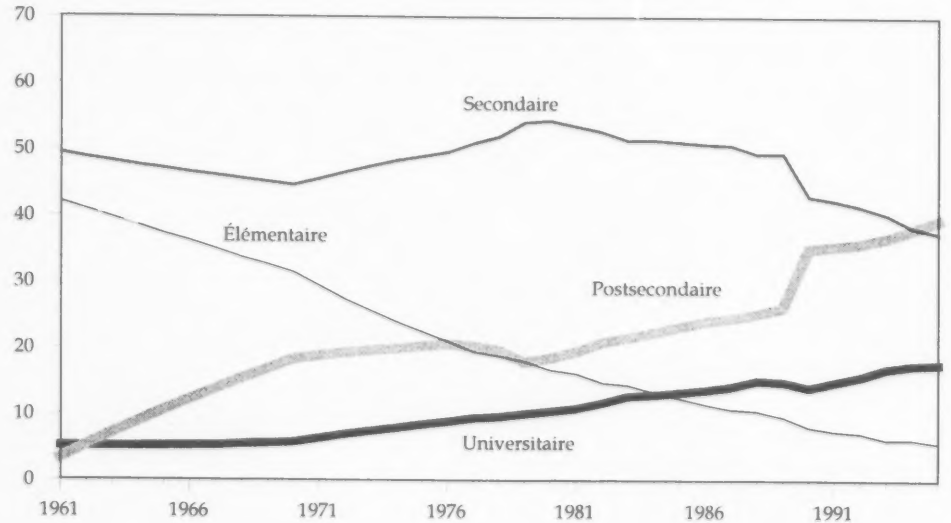
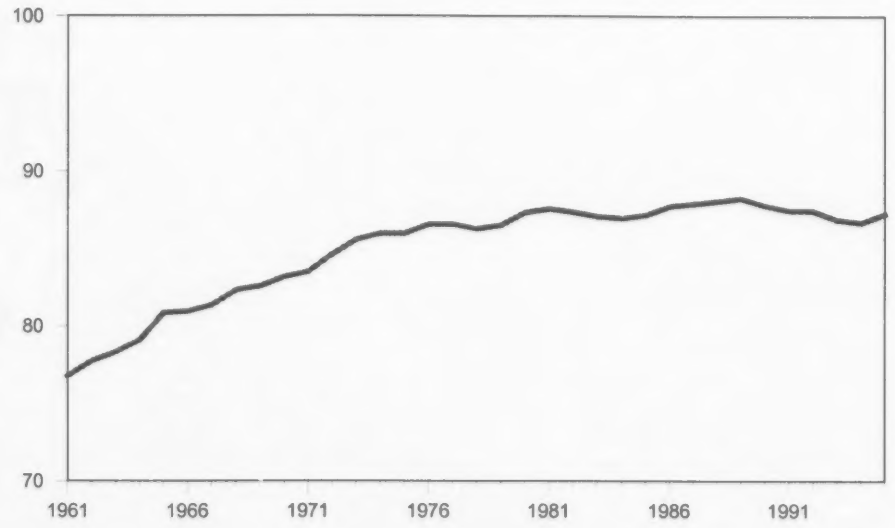


Figure F.4
Part des heures travaillées par les travailleurs rémunérés dans le secteur des entreprises (%)



La figure F.3 montre la part des heures travaillées par niveau de scolarité dans le secteur des entreprises. La part des travailleurs possédant au moins une scolarité postsecondaire a plus que quintuplé, passant de 9 p. 100 en 1961 à 57 p. 100 en 1995. La hausse du niveau de scolarité est une source d'augmentation soutenue de la qualité de la main-d'œuvre canadienne. Les modifications apportées en 1990 à la définition des niveaux de scolarité de l'EPA ont entraîné une réaffectation importante des heures travaillées du niveau secondaire vers le niveau postsecondaire.

La part des heures travaillées par les travailleurs rémunérés est illustrée à la figure F.4. Elle s'est accrue de façon régulière entre 1961 et la fin des années 80. La hausse a été particulièrement prononcée avant le milieu des années 70. Après la fin des années 80, la part des travailleurs rémunérés a diminué, tandis que celle des travailleurs autonomes a augmenté.

F.4.2 Indices de l'intrant travail et de la qualité du travail

Le tableau F.2 montre les taux de croissance de l'intrant travail, de la qualité du travail et des heures travaillées dans le secteur des entreprises au cours de la période 1961-1995 et des trois sous-périodes : 1961-1973, 1973-1985 et 1985-1995 (aussi illustrés à la figure F.5). Pour la période 1961-1995, le taux annuel de croissance de la qualité du travail a été de 0,61 p. 100. Cette progression est à l'origine du quart de l'augmentation de l'intrant travail durant cette période. La croissance annuelle de la qualité du travail a été la plus élevée durant la période 1961-1973 (0,86 p. 100), contribuant à environ 30 p. 100 de l'augmentation de l'intrant travail. L'amélioration de la qualité du travail a ralenti pendant la période 1973-1985 (0,37 p. 100), suivi d'une reprise durant la période 1985-1995 (0,59 p. 100).

Le tableau F.2 fait état également de la croissance des apports de premier ordre à la qualité du travail selon le sexe, l'âge, la scolarité et la catégorie d'emploi (aussi illustrée à la figure F.6). Par suite de la hausse du niveau de scolarité de la main-d'œuvre, l'éducation a fait une contribution à la croissance annuelle moyenne de la qualité de 0,53 p. 100 entre 1961 et 1995. L'apport de la catégorie d'emploi a été positif durant la plus grande partie de la période, à mesure que s'accroissait la proportion des travailleurs rémunérés. Mais cet apport a diminué fortement après le milieu des années 80, au moment où la croissance du travail autonome s'est accentuée. La proportion croissante de femmes au sein de la population active a fait baisser l'intrant travail de 0,15 p. 100 par année durant cette période[7]. L'âge a fait un apport

positif de 0,04 p. 100 annuellement sur la période 1961-1995. Cependant, il a eu un effet négatif entre 1961 et 1973, à mesure que les jeunes travailleurs de la génération du baby-boom entraient dans la population active. Après le milieu des années 80, au moment où ces derniers ont atteint l'âge mûr, l'apport de l'âge a augmenté.

Tableau F.2

Taux annuel moyen de croissance de l'intrant travail et de la qualité du travail dans le secteur des entreprises (%)

	1961-1995	1961-1973	1973-1985	1985-1995
Croissance de l'intrant travail	2,47	3,08	2,15	2,11
Croissance des heures travaillées	1,86	2,22	1,78	1,51
Croissance de la qualité du travail	0,61	0,86	0,37	0,59
Indices de qualité de premier ordre				
Sexe	-0,15	-0,22	-0,15	-0,07
Âge	0,04	-0,15	0,04	0,25
Scolarité	0,53	0,86	0,33	0,36
Catégorie d'emploi	0,15	0,27	0,13	0,04

Pour l'essentiel, l'amélioration de la qualité du travail au cours de la période 1961-1995 peut être attribuée à l'augmentation du niveau de scolarité. Mais, cela est la conséquence de tendances compensatrices dans la répartition entre les catégories sexe, âge et catégorie d'emploi. Le ralentissement de la croissance de la qualité du travail entre 1973 et 1985 est surtout imputable à l'arrivée de travailleurs jeunes et moins scolarisés dans la population active.

Nous avons aussi élaboré des mesures de l'intrant travail, des heures travaillées et de la qualité du travail pour les 123 secteurs industriels sur l'ensemble de la période 1961-1995. Les résultats indiquent que la qualité du travail a augmenté dans presque toutes les industries durant cette période.

Figure F.5
Indices de l'intrant travail, de la qualité du travail et des heures travaillées dans le secteur des entreprises

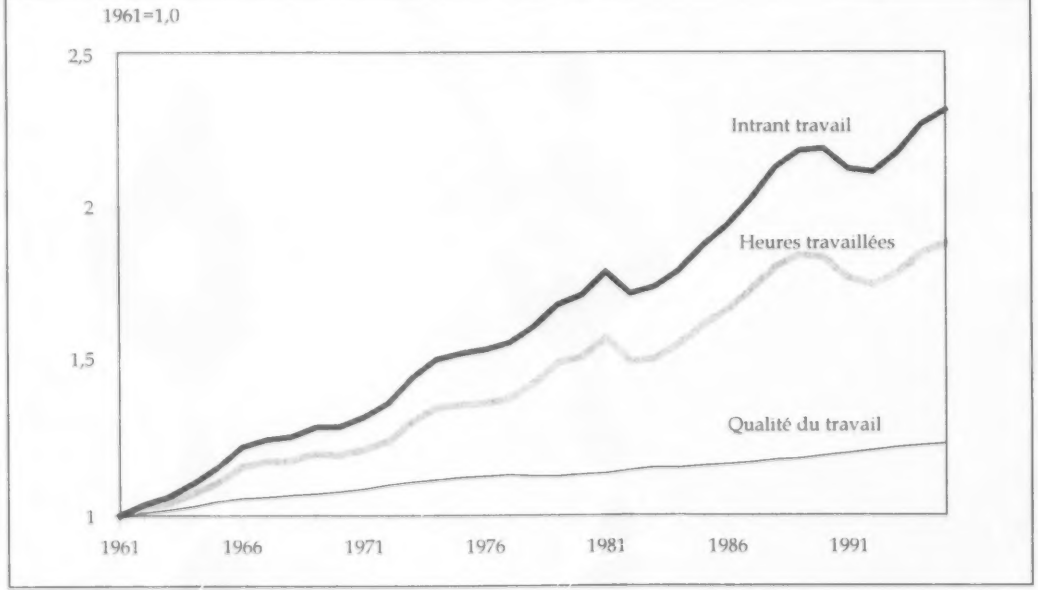
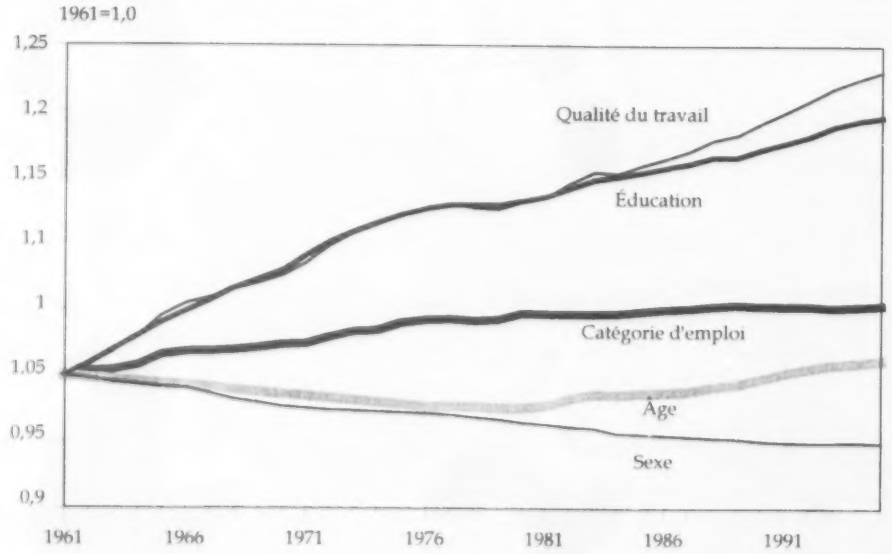


Figure F.6
Indices de premier ordre de la qualité du travail dans le secteur des entreprises



F.5 Conclusion

DANS CET APPENDICE, NOUS AVONS DÉCRIT LA MÉTHODOLOGIE employée pour élaborer des mesures de l'intrant travail rajustées pour tenir compte des changements survenus dans la composition de la main-d'œuvre. Au cours de la période 1961-1995, les changements dans la composition ou la qualité de la main-d'œuvre ont été à l'origine de 0,61 point de pourcentage, soit un quart, de la croissance de l'intrant travail dans le secteur des entreprises. C'est durant la période 1961-1973 que l'augmentation de la qualité du travail a été la plus forte (0,86 p. 100 par année), fournissant environ 30 p. 100 de la croissance de l'intrant travail. La période 1973-1985 a été caractérisée par une lente progression de la qualité du travail, surtout en raison de l'arrivée des membres de la génération du baby-boom dans la population active. Après le milieu des années 80, la croissance de la qualité du travail a augmenté à mesure que les membres de la génération du baby-boom atteignaient l'âge mûr.

La part des travailleurs plus scolarisés montre une progression régulière de 1961 à 1995. Cette tendance à l'augmentation de la scolarité des travailleurs a contribué à faire augmenter l'intrant travail à un rythme de 0,53 p. 100 par année de 1961 à 1995. La hausse du niveau de scolarité explique la presque totalité de la tendance de la qualité du travail pendant cette période. Mais, comme nous l'avons déjà indiqué, ce résultat découle de tendances compensatrices dans la répartition selon le sexe, l'âge et la catégorie d'emploi.

Notes

1 Cette section est inspirée de Ho et Jorgenson (1999).

2 Les fichiers de micro-données du recensement de 1961 ne sont pas disponibles. Toutefois, des données très détaillées sur l'emploi et les gains recoupées en fonction d'une, deux et trois caractéristiques de l'intrant travail sont publiées par Statistique Canada. Nous avons donc utilisé la méthode de l'ajustement proportionnel itératif afin d'estimer les matrices des heures travaillées et de la rémunération pour 1961.

3 Le nombre d'heures travaillées a été fixé à 75 pour un travailleur ayant déclaré plus de 75 heures de travail durant la semaine de référence.

4 Conformément à notre définition d'employés rémunérés, qui comprend les travailleurs autonomes possédant une entreprise constituée en société, le revenu provenant d'entreprises constituées en société est considéré comme un revenu de traitements et salaires.

5 Ho et Jorgenson (1999) ont supposé que les travailleurs familiaux non rémunérés et les travailleurs autonomes faisaient partie de la même catégorie d'emploi.

6 Les données de l'Enquête annuelle sur les finances des consommateurs ne sont pas utilisées pour calculer les gains horaires au cours de la période 1971-1975, puisque les fichiers de micro-données correspondantes provenant de l'Enquête sur la population active, qui sont utilisées pour estimer les heures de travail en fonction des caractéristiques des travailleurs, ne sont pas disponibles.

7 Cela est attribuable en partie au fait que les femmes se retrouvent habituellement en grand nombre dans des industries et des professions à faible rémunération.

Appendice G :
Estimations du stock de capital net et profils de dépréciation au Canada : comparaison entre les séries de données actuelles et une série expérimentale fondée sur la méthodologie du BEA pour les États-Unis[1]

Peter Koumanakos, Richard Landry, Kuen Huang et Susanna Wood

G.1 Introduction[2]

LES STOCKS DE CAPITAL SONT DES ÉLÉMENTS D'ACTIF MATÉRIELS reproductibles que l'on utilise comme des facteurs de production en combinaison avec d'autres intrants tels que le travail, l'énergie et les autres ressources naturelles ou matières premières. Le stock de capital est constitué de structures (comme des usines et des bureaux), d'ouvrages d'ingénierie (comme des routes et des barrages), et de machines et de matériel qui sont utilisés dans le processus de production. Ces facteurs de production se distinguent des éléments d'actif non reproductibles comme les terrains, les gisements de minéraux et les ressources naturelles, qui ne sont pas fabriqués mais qui entrent directement dans la fabrication d'autres produits.

Bien que l'on puisse mesurer de diverses façons les stocks de capital dans une industrie, par exemple au moyen d'enquêtes sur les stocks matériels ou la valeur comptable des biens, la méthode généralement employée par Statistique Canada est celle de l'inventaire permanent. Cette méthode, qui offre un moyen flexible de construire des séries chronologiques sur les stocks de capital, consiste à cumuler les dépenses d'investissement par industrie pour obtenir des estimations du stock de capital durant une année donnée. Elle nécessite des données sur la valeur des investissements, des indices de prix des biens de production, des données sur la durée de vie utile de ces biens et des méthodes de dépréciation des biens.

La méthode de l'inventaire permanent revient essentiellement à ajouter annuellement l'investissement brut (formation brute de capital fixe) au stock de capital de l'année précédente. Si l'on soustrait de l'investissement accumulé la valeur des éléments d'actif qui deviennent périmés à chaque année, on obtient alors une estimation du stock de capital brut. La mesure du stock

de capital net est obtenue en déduisant annuellement une provision pour amortissement.

À la section G.2, nous décrivons la méthodologie qui sous-tend les mesures actuelles du stock de capital. À la section G.3 (Méthodologie de dépréciation géométrique de type BEA), nous décrivons une autre série d'estimations plus étroitement alignées sur les mesures les plus récentes du stock de capital produites pour les États-Unis par le Bureau of Economic Analysis (BEA)[3]. À la section G.4, nous comparons les résultats des deux méthodologies géométriques. Enfin, à la section G.5, nous présentons nos conclusions.

G.2 Méthodologie actuelle

STATISTIQUE CANADA PRODUIT DES ESTIMATIONS des stocks de capital net et de capital brut pour les principales catégories d'éléments d'actif et industries.

G.2.1 Stocks bruts et mises hors service

Le stock brut correspond au cumul de l'investissement brut passé moins les déductions annuelles (appelées mises hors service) correspondant à la valeur des éléments d'actif qui deviennent désuets à chaque année. Cette mesure du stock de capital suppose que l'efficience de l'élément d'actif demeure la même pendant toute sa durée de service. La structure des retraits correspond à une distribution en forme de cloche, tronquée pour que toutes les mises hors service se produisent entre 50 et 150 p. 100 de la durée moyenne de service. Les données sur la durée de service employées ici proviennent de l'Enquête sur les dépenses d'investissement et de réparations[4].

Une cohorte est constituée des éléments d'actif correspondant aux dépenses d'investissement d'une année donnée. Si la durée moyenne de service d'une cohorte est de 10 ans, l'utilisation d'une distribution normale tronquée des mises hors service signifie qu'il y a 11 sous-cohortes ayant chacune sa propre durée de service. Le tableau G.1 montre la répartition en sous-cohortes de biens ayant une valeur de 100 000 dollars au moment de leur achat et une durée moyenne de service de 10 ans.

Tableau G.1
Distribution normale tronquée des mises hors service appliquée à une cohorte de biens valant 100 000 dollars et ayant une durée de service moyenne de 10 ans

Sous-cohorte	Durée de service de la sous-cohorte	Fraction de la cohorte	Valeur en dollars de la sous-cohorte
1	5	0,0032	320
2	6	0,0314	3 140
3	7	0,0762	7 620
4	8	0,1273	12 730
5	9	0,1692	16 920
6	10	0,1854	18 540
7	11	0,1692	16 920
8	12	0,1273	12 730
9	13	0,0762	7 620
10	14	0,0314	3 140
11	15	0,0032	320
Total		1,0000	100 000

G.2.2 Stocks nets et dépréciation

La notion de stock net vise à mesurer la capacité de production du stock de capital. En d'autres termes, en plus de rassembler des données sur les flux d'investissement, les indices de prix et la durée de service des éléments d'actif, l'analyste doit formuler des hypothèses sur le profil de vieillissement et de perte d'efficience des biens et intégrer cette dépréciation à la méthode de l'inventaire permanent par une formule d'amortissement. Les estimations des stocks nets sont établies en déduisant des données sur les stocks bruts un montant annuel au titre de la dépréciation. Diverses méthodes peuvent être employées pour mesurer la détérioration des biens faisant partie d'un stock de capital. Nous avons utilisé trois profils d'amortissement pour produire des estimations du stock net de capital : un profil linéaire, un profil d'amortissement dégressif à taux double (géométrique) et un profil hyperbolique ou « décalé ». Nous présentons ci-après une courte description comparative des méthodes employées pour produire les estimations actuelles et des relations qui existent entre elles.

La formule probablement la mieux connue est celle de l'amortissement linéaire, en vertu de laquelle des montants égaux (en dollars) sont retranchés du stock à chaque année. Le montant correspondant à l'amortissement linéaire (SL) est donné par $x = 1,2,3,...,L$:

$$d_{x,SL} = 1/L,$$

$$x = 1,2,3\ldots,L,$$

où L est le nombre d'années sur lesquelles le bien est amorti et x est l'âge du bien.

En vertu de la formule d'amortissement linéaire, la valeur totale du bien aura été soustraite du stock de capital à la fin de la durée de service du bien. Lorsque le profil normal tronqué de mise hors service est appliqué à la dépréciation linéaire, il en résulte un taux d'amortissement accéléré (voir le tableau G.2a).

Le taux d'amortissement géométrique constitue une forme d'amortissement accéléré. Le terme « accéléré » est utilisé parce que les montants soustraits au titre de la dépréciation sont plus élevés au cours des premières années de la durée de service du bien et diminuent graduellement à chaque année de service du bien.

Dans le cas du profil géométrique (G), le taux d'amortissement dégressif est le même à chaque année :

$$\delta_G = \frac{R}{L},$$

où R est le taux par rapport au taux linéaire de 1. Donc, dans le cas de l'amortissement dégressif à taux double, le taux devient $2/L$. Plus la valeur de R est élevée, plus les valeurs en dollars retranchées seront élevées pendant les premières années.

En appliquant le profil géométrique, la dépréciation d'un dollar d'investissement est donnée par l'expression suivante :

$$d_{x,G} = \delta_G(1-\delta_G)^{x-1},$$

$$x = 1,2,3,\ldots,L.$$

Les mesures actuelles comprennent aussi un profil d'amortissement dit hyperbolique ou décalé :

$$d_{x,D} = \frac{L-(x-1)}{L-\beta(x-1)} - \frac{L-x}{L-\beta x} ,$$

qui a la forme suivante :

$$x = 1,2,3,\ldots,L ,$$

et où β est un paramètre de courbure.

Ce profil peut aider à comprendre les rapports entre les autres formules. Lors-que le paramètre β est égal à zéro, le facteur d'amortissement bêta se résume à une formule d'amortissement linéaire. Lorsque β est égal à 1, il en résulte la notion de stock brut, selon laquelle la dépréciation est nulle durant toutes les années de service du bien, sauf la dernière où elle est de 100 p. 100. Pour des valeurs de β situées entre 0 et 1, la représentation graphique de la dépréciation est de forme concave par rapport à l'origine, c'est-à-dire qu'elle est courbée vers l'extérieur. Ceci signifie que la dépréciation est moins élevée pendant les premières années de service du bien et qu'elle augmente à mesure que le bien prend de l'âge. Ce « retard » de la dépréciation s'accentue d'autant plus que β s'approche de 1. Lorsque β est négatif, il en résulte une forme de dépréciation accélérée. Lorsque β a une valeur négative très élevée, la courbe se rapproche d'un profil selon lequel toute la dépréciation survient au cours de la première année de service du bien et est égale à zéro pour toutes les autres années; en d'autres termes, il s'agit de la même situation à l'autre extrême que lorsque β est égal à 1. La figure G.1 illustre l'effet de β sur ce profil de dépréciation d'un bien dont la durée de service est de 10 ans.

Selon les mesures actuelles de dépréciation retardée, la valeur de β est égale à 0,75 pour les structures et à 0,5 pour les machines et le matériel.

Pour chacun de ces trois profils de dépréciation, il faut amortir chaque sous-cohorte selon son propre taux afin de calculer la dépréciation d'une cohorte complète d'investissement. Par exemple, si l'on utilise le profil linéaire d'amortissement, la première sous-cohorte sera amortie à un taux de 1/5 ou de 20 p. 100 par année (64 $ dans l'exemple ci-dessus) pendant cinq ans. La deuxième sous-cohorte sera amortie à un taux de 1/6 ou de 16,67 p. 100 (523 $) pendant six ans, et ainsi de suite jusqu'à la 11e sous-cohorte, pour laquelle l'amortissement se fera à un taux de 1/15 ou de 6,67 p. 100 (21 $) pendant

15 ans. Les tableaux ci-dessous illustrent les effets combinés du profil normal tronqué de mise hors service pour chacune des trois formules d'amortissement : profil linéaire (tableau G.2a), profil géométrique (tableau G.2b) et profil tronqué (tableau G.2c). Comme dans les exemples précédents, on suppose que la valeur de la cohorte est de 100 000 $ et que la durée de service moyenne est de 10 ans.

G.2.3 Dépréciation géométrique dans les mesures actuelles

Comme le profil de dépréciation géométrique s'étire à l'infini, il faut apporter des précisions supplémentaires afin de comprendre les taux d'amortissement géométrique présentés dans le tableau G.2b ci-dessous.

La colonne 2 du tableau montre les 20 premières années de la distribution géométrique d'une sous-cohorte de biens ayant une durée de service de 10 ans (c'est-à-dire que le taux, δ, est égal à 2/10). Lorsque le point limite est fixé à l'âge de 10 ans, la fonction d'amortissement est rajustée de manière que la surface sous la distribution tronquée soit égale à 1 et que la dépréciation soit égale à zéro à compter de l'âge de 11 ans et par la suite (c'est-à-dire que les biens de la sous-cohorte auront été entièrement amortis à la fin de leur durée utile). Cette démarche comporte deux étapes. Premièrement, la distribution originale est déplacée vers le bas d'un montant égal à la dépréciation à l'âge de 11 ans (ce qui correspond à la colonne 3 dans le tableau). La valeur totale de cette nouvelle distribution est ensuite rajustée proportionnellement pour donner les valeurs présentées dans la colonne 4. Ainsi, 0,178525 divisé par 0,677877 donne 0,263359. La figure jointe ci-dessous fait voir les deux distributions. La surface redistribuée est dans la zone du graphique délimitée par une ligne grasse.

G.3 Méthodologie de dépréciation géométrique de type BEA

COMME POUR LES MESURES COURANTES, les estimations du stock net et de la dépréciation sont fondées sur la méthode de l'inventaire permanent : la valeur cumulative de la dépréciation est soustraite de l'investissement brut accumulé. Les calculs initiaux sont effectués en termes réels et les valeurs en dollars courants sont estimées en majorant les valeurs réelles d'une marge égale à l'inflation. Les durées de service et les indices de prix sont les mêmes que ceux employés dans les calculs actuels.

Tableau G.2a

Profil normal tronqué de mise hors service et profil de dépréciation linéaire

Sous-cohorte	Durée		Réduction en pourcentage selon l'âge														Pondération de mise hors service
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	5	Dépréciation	20	20	20	20	20											0,0032
		Pondération	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06											
2	6	Dépréciation	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67										0,0314
		Pondération	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52										
3	7	Dépréciation	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28									0,0762
		Pondération	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09									
4	8	Dépréciation	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5								0,1273
		Pondération	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59								
5	9	Dépréciation	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11	11,11							0,1692
		Pondération	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88							
6	10	Dépréciation	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						0,1854
		Pondération	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85						
7	11	Dépréciation	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09					0,1692
		Pondération	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54					
8	12	Dépréciation	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33				0,1273
		Pondération	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05				
9	13	Dépréciation	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69			0,0762
		Pondération	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59			
10	14	Dépréciation	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14		0,0314
		Pondération	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23		
11	15	Dépréciation	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	0,0032
		Pondération	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	
		Pond. totale																1,0000
Pourcentages de pondération totale			10,43	10,43	10,43	10,43	10,43	10,37	9,84	8,76	7,16	5,28	3,43	1,89	0,84	0,26	0,00	99,98
Valeur totale en dollars de la dépréciation pour une cohorte de 100 000 $			10 430	10 430	10 430	10 430	10 430	10 370	9 840	8 760	7 160	5 280	3 430	1 890	840	260	20	100 000

Tableau G.2b

Profil normal tronqué de mise hors service et profil de dépréciation géométrique

Sous-cohorte	Durée		Réduction en pourcentage selon l'âge														Pondération de mise hors service
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	5	Dépréciation	48,11	27,24	14,72	7,21	2,7											0,0032
		Pondération	0,15	0,09	0,05	0,02	0,01											
2	6	Dépréciation	41,28	26,19	16,14	9,43	4,96	1,99										0,0314
		Pondération	1,3	0,82	0,51	0,3	0,16	0,06										
3	7	Dépréciation	36,15	24,74	16,59	10,76	6,61	3,64	1,51									0,0762
		Pondération	2,76	1,89	1,26	0,82	0,5	0,28	0,12									
4	8	Dépréciation	32,15	23,22	16,52	11,5	7,73	4,9	2,78	1,19								0,1273
		Pondération	4,09	2,96	2,1	1,46	0,98	0,62	0,35	0,15								
5	9	Dépréciation	28,95	21,77	16,19	11,84	8,46	5,83	3,79	2,2	0,96							0,1692
		Pondération	4,9	3,68	2,74	2	1,43	0,99	0,64	0,37	0,16							
6	10	Dépréciation	26,33	20,43	15,71	11,94	8,92	6,5	4,57	3,02	1,78	0,79						0,1854
		Pondération	4,88	3,79	2,92	2,22	1,65	1,2	0,85	0,54	0,33	0,15						
7	11	Dépréciation	24,15	19,22	15,18	11,88	9,17	6,96	5,15	3,67	2,46	1,47	0,66					0,1692
		Pondération	4,09	3,25	2,57	2,01	1,55	1,18	0,87	0,62	0,42	0,25	0,11					
8	12	Dépréciation	22,3	18,11	14,63	11,72	9,3	7,28	5,59	4,19	3,02	2,05	1,24	0,56				0,1273
		Pondération	2,84	2,31	1,86	1,49	1,18	0,93	0,71	0,53	0,38	0,26	0,16	0,07				
9	13	Dépréciation	20,71	17,12	14,07	11,5	9,32	7,48	5,91	4,59	3,48	2,53	1,73	1,06	0,48			0,0762
		Pondération	1,58	1,31	1,07	0,88	0,71	0,57	0,45	0,35	0,27	0,19	0,13	0,08	0,04			
10	14	Dépréciation	19,34	16,21	13,54	11,24	9,27	7,59	6,14	4,9	3,84	2,93	2,15	1,48	0,91	0,42		0,0314
		Pondération	0,61	0,51	0,43	0,35	0,29	0,24	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	0		
11	15	Dépréciation	18,13	15,39	13,02	10,97	9,18	7,64	6,3	5,14	4,13	3,26	2,51	1,85	1,29	0,79	0,37	0,0032
		Pondération	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	
		Pond. totale																1,0000
Pourcentages de pondération totale			27,26	20,65	15,55	11,59	8,5	6,09	4,2	2,76	1,69	0,95	0,48	0,2	0,07	0,00	0,00	100,00
Valeur totale en dollars de la dépréciation pour une cohorte de 100 000 $			27 260	20 650	15 550	11 590	8 500	6 090	4 200	2 760	1 690	950	480	200	70	10	0	100 000

Tableau G.2c

Profil normal tronqué de mise hors service et profil de dépréciation décalée

Sous-cohorte	Durée		Réduction en pourcentage selon l'âge														Pondération de mise hors service
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	5	Dépréciation	2,44	3,81	6,79	15,53	71,43											0,0032
		Pondération	0,01	0,01	0,02	0,05	0,23											
2	6	Dépréciation	1,96	2,8	4,33	7,57	16,67	66,67										0,0314
		Pondération	0,06	0,09	0,14	0,24	0,52	2,1										
3	7	Dépréciation	1,64	2,21	3,13	4,79	8,23	17,5	62,5									0,0762
		Pondération	0,12	0,17	0,24	0,36	0,63	1,33	4,76									
4	8	Dépréciation	1,41	1,82	2,43	3,43	5,19	8,79	18,1	58,82								0,1273
		Pondération	0,18	0,23	0,31	0,44	0,66	1,12	2,3	7,49								
5	9	Dépréciation	1,23	1,54	1,98	2,64	3,7	5,55	9,26	18,52	55,55							0,1692
		Pondération	0,21	0,26	0,34	0,45	0,63	0,94	1,57	3,13	9,4							
6	10	Dépréciation	1,1	1,34	1,67	2,14	2,84	3,95	5,87	9,65	18,8	52,63						0,1854
		Pondération	0,2	0,25	0,31	0,4	0,53	0,73	1,09	1,79	3,48	9,76						
7	11	Dépréciation	0,99	1,18	1,44	1,79	2,29	3,02	4,18	6,16	9,98	18,96	50					0,1692
		Pondération	0,17	0,2	0,24	0,3	0,39	0,51	0,71	1,04	1,69	3,21	8,45					
8	12	Dépréciation	0,9	1,06	1,26	1,54	1,9	2,42	3,19	4,38	6,41	10,26	19,05	47,62				0,1273
		Pondération	0,11	0,13	0,16	0,2	0,24	0,31	0,41	0,56	0,82	1,31	2,42	6,06				
9	13	Dépréciation	0,83	0,96	1,13	1,34	1,63	2,01	2,55	3,34	4,57	6,63	10,48	19,06	45,45			0,0762
		Pondération	0,06	0,07	0,09	0,1	0,12	0,15	0,19	0,25	0,35	0,51	0,8	1,45	3,46			
10	14	Dépréciation	0,76	0,87	1,01	1,19	1,42	1,71	2,11	2,67	3,49	4,74	6,83	10,67	19,02	43,5		0,0314
		Pondération	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,11	0,15	0,21	0,34	0,6	1,37		
11	15	Dépréciation	0,17	0,8	0,92	1,07	1,25	1,49	1,79	2,21	2,79	3,62	4,9	7	10,82	18,9	41,7	0,0032
		Pondération	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,1	0,13	
		Pond. totale																1,0000
Pourcentages de pondération totale			1,16	1,45	1,88	2,57	4	7,25	11,1	14,35	15,86	14,94	11,91	7,87	4,1	1,43	0,13	100,00
Valeur totale en dollars de la dépréciation pour une cohorte de 100 000 $			1 160	1 450	1 880	2 570	4 000	7 250	11 100	14 350	15 860	14 940	11 910	7 870	4 100	1 430	130	100 000

Figure G.1
Survie du stock de capital avec dépréciation de type bêta (*L-x / L-$x*)

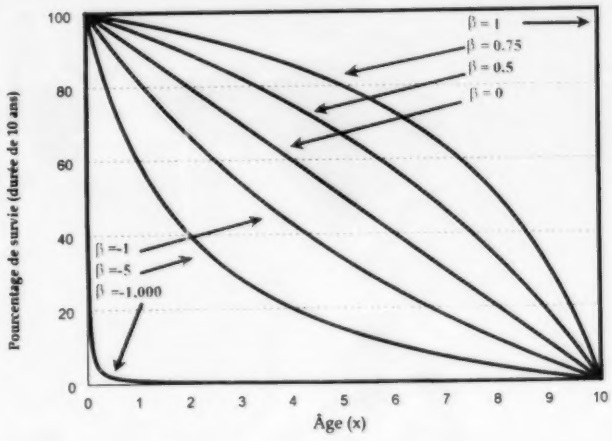


Figure G.2
Fonction de dépréciation géométrique, durée de 10 ans, Formule infinie et formule avec redistribution

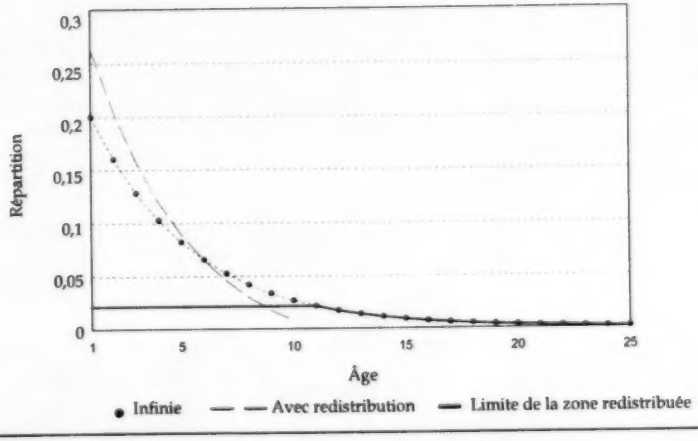


Tableau G.3
Dépréciation géométrique d'une sous-cohorte de biens d'une durée de service (L) de 10 ans et d'une valeur $\delta = 2/L$

Âge (x)	Valeur de la dépréciation : Fonction D = $\delta(1-\delta)^{x-1}$ pour un bien âgé de x ans	D modifié : valeurs de la colonne 2 réduites de la dépréciation à l'âge de 11 ans (colonne 2 - 0,021475)	Répartition proportionnelle des valeurs D modifiées : valeurs individuelles de la colonne 3 divisées par le total de la colonne
1	2	3	4
1	0,2	0,178525	0,263359
2	0,16	0,138525	0,204351
3	0,128	0,106525	0,157145
4	0,1024	0,080925	0,11938
5	0,08192	0,060445	0,089168
6	0,065536	0,044061	0,064999
7	0,052429	0,030954	0,045663
8	0,041943	0,020468	0,030195
9	0,033554	0,012080	0,01782
10	0,026844	0,005369	0,00792
11	0,021475	0,000000	0
12	0,01718	Somme = 0,677877	Somme = 1,000000
13	0,013744		
14	0,010995		
15	0,008796		
16	0,007037		
17	0,005629		
18	0,004504		
19	0,003603		
20	0,002882		

La méthodologie de type BEA appliquée à l'estimation de la dépréciation géométrique et des stocks nets diffère de celle utilisée pour les mesures courantes à de nombreux égards importants.

La méthodologie de type BEA utilise des taux d'amortissement provenant d'études des profils de prix et d'âge actuels des biens en usage. Ces études indiquent que, pour la plupart des biens, la dépréciation se rapproche du profil géométrique; mais les mesures géométriques actuelles reposent sur une méthode d'amortissement dégressif à taux double pour toutes les catégories de biens, tandis que les mesures géométriques de type BEA sont fondées sur un taux de 1,65 pour les machines et le matériel, et de 0,9 pour les structures.

De plus, comme nous l'avons déjà souligné, la méthodologie actuelle répartit une cohorte d'investissements en sous-cohortes définies selon un mode hypothétique de mise hors service des biens, elle calcule la dépréciation de chaque sous-cohorte en fonction de sa propre durée de service et elle redistribue la « queue » de la distribution infinie pour chacune des sous-cohortes. La méthodologie de type BEA suppose que le mode de dépréciation géométrique tient compte des mises hors service; partant, le mode de retrait de service et la répartition d'une cohorte d'investissements en sous-cohortes ne sont plus requises. En vertu de la méthodologie de type BEA, la question de la « queue » de la distribution se trouve aussi réglée puisque le calcul du solde dégressif se poursuit sur une période d'années égale à cinq fois la durée de service du bien. À ce moment-là, la valeur résiduelle du bien est tellement rapprochée de zéro qu'on peut simplement l'ignorer.

Comme la méthodologie géométrique de type BEA ne fait pas appel à un mode de mise hors service distinct de la dépréciation et qu'elle emploie le même profil d'amortissement pour tous les investissements d'une cohorte, on ne peut calculer de mesures des stocks bruts et des mises hors service correspondant aux mesures géométriques de type BEA.

G.4 Comparaisons

EN SOMME, la différence entre la méthodologie de type BEA et la méthodologie actuelle est que la première entraîne une réduction spectaculaire des montants d'amortissement déduits, ce qui se traduit par un niveau beaucoup plus élevé du stock de capital existant. Comme il ressort des tableaux G.5 et G.6, les taux d'amortissement sont beaucoup moins élevés lorsqu'on utilise la méthodologie de type BEA, par comparaison avec les mesures géométriques courantes.

Le tableau G.4 donne un aperçu des taux de croissance découlant des deux méthodologies. Comme on peut le voir, le taux de croissance de l'ensemble des biens entre 1982 et 1990 selon la méthodologie du BEA est supérieur de plus de moitié (153 p. 100) au taux de croissance calculé avec la méthodologie actuelle et, pour la période 1991-1998, il équivaut au double. Pour les structures, les écarts sont encore plus spectaculaires. Pour la période 1982-1998, le taux de croissance des structures selon la méthodologie du BEA représente plus de deux fois celui issu de la méthodologie actuelle et, pour la période 1991-1998, il équivaut à plus de trois fois le taux actuel.

Tableau G.4

Taux de croissance moyens du stock de capital net (dépréciation géométrique), mesures actuelles et méthodologie de type BEA

Période	Mesures actuelles			Méthodologie de type BEA		
	Ensemble des biens	Structures	Matériel	Ensemble des biens	Structures	Matériel
1982-1998	1,5	1,1	2,9	2,6	2,3	3,5
1982-1990	1,9	1,4	3,3	2,9	2,7	3,8
1991-1998	1,1	0,6	2,4	2,2	1,9	3,1

Tableau G.5

Taux d'amortissement pour une durée de service de 15 ans

Âge	Méthodologie actuelle			Méthodologie de type BEA
	Profil de dépréciation linéaire	Profil de dépréciation décalée	Profil de dépréciation géométrique	Profil de dépréciation géométrique
1	6,95	3,61	18,80	11,00
2	6,95	3,89	15,72	9,79
3	6,95	4,21	13,11	8,71
4	6,95	4,58	10,90	7,75
5	6,95	5,00	9,01	6,90
6	6,95	5,49	7,40	6,14
7	6,95	6,06	6,03	5,47
8	6,95	6,73	4,86	4,87
9	6,88	7,37	3,86	4,33
10	6,65	7,79	3,00	3,85
11	6,25	7,92	2,28	3,43
12	5,68	7,70	1,69	3,05
13	4,98	7,14	1,21	2,72
14	4,17	6,28	0,84	2,42
15	3,31	5,22	0,55	2,15
16	2,49	4,06	0,34	1,92
17	1,74	2,94	0,20	1,70
18	1,12	1,95	0,11	1,52
19	0,65	1,16	0,05	1,35
20	0,33	0,60	0,02	1,20
21	0,13	0,24	0,01	1,07
22	0,03	0,05	0,00	0,95

Tableau G.6
Taux d'amortissement pour une durée de service de 36 ans

Âge	Méthodologie actuelle			Méthodologie de type BEA
	Profil de dépréciation linéaire	Profil de dépréciation décalée	Profil de dépréciation géométrique	Profil de dépréciation géométrique
1	2,90	0,74	8,17	2,50
2	2,90	0,78	7,60	2,44
3	2,90	0,81	7,07	2,38
4	2,90	0,86	6,58	2,32
5	2,90	0,90	6,11	2,26
6	2,90	0,95	5,68	2,20
7	2,90	1,00	5,27	2,15
8	2,90	1,06	4,88	2,09
9	2,90	1,12	4,52	2,04
10	2,90	1,19	4,19	1,99
11	2,90	1,27	3,87	1,94
12	2,90	1,35	3,57	1,89
13	2,90	1,45	3,30	1,85
14	2,90	1,56	3,03	1,80
15	2,90	1,68	2,79	1,75
16	2,90	1,82	2,56	1,71
17	2,90	1,98	2,34	1,67
18	2,90	2,16	2,14	1,63
19	2,89	2,38	1,95	1,59
20	2,88	2,60	1,77	1,55
21	2,86	2,82	1,60	1,51
22	2,83	3,02	1,44	1,47
23	2,79	3,21	1,29	1,43
24	2,73	3,39	1,16	1,40
25	2,66	3,54	1,03	1,36
26	2,58	3,66	0,91	1,33
27	2,48	3,75	0,80	1,29
28	2,38	3,80	0,70	1,26
29	2,26	3,82	0,61	1,23
30	2,14	3,80	0,53	1,20
31	2,01	3,74	0,46	1,17

Tableau G.6 (suite)

Âge	Méthodologie actuelle			Méthodologie de type BEA
	Profil de dépreciation linéaire	Profil de dépréciation décalée	Profil de dépréciation géométrique	Profil de dépréciation géométrique
32	1,87	3,64	0,39	1,14
33	1,72	3,50	0,33	1,11
34	1,58	3,34	0,28	1,08
35	1,43	3,14	0,23	1,06
36	1,28	2,92	0,19	1,03
37	1,14	2,68	0,15	1,00
38	1,00	2,43	0,12	0,98
39	0,86	2,18	0,10	0,96
40	0,74	1,92	0,08	0,93
41	0,62	1,67	0,06	0,91
42	0,52	1,43	0,05	0,89
43	0,42	1,20	0,03	0,86
44	0,34	0,99	0,02	0,84
45	0,27	0,79	0,02	0,82
46	0,20	0,62	0,01	0,80
47	0,15	0,47	0,01	0,78
48	0,11	0,35	0,00	0,76
49	0,07	0,24	0,00	0,74
50	0,05	0,16	0,00	0,72
51	0,03	0,09	0,00	0,71
52	0,01	0,04	0,00	0,69
53	0,00	0,02	0,00	0,67
54	0,00	0,00	0,00	0,65

Par ailleurs, si l'on compare les niveaux du stock de capital calculés en vertu des deux méthodologies, le total des éléments d'actif selon les mesures actuelles s'établissait à 587 milliards de dollars en 1998; toutefois, selon les calculs de type BEA, il atteignait 1 445 milliards de dollars – un niveau environ 2,5 fois plus élevé (voir les figures G.3 à G.5).

Figure G.3
Stock de capital net, ensemble des industries, structures

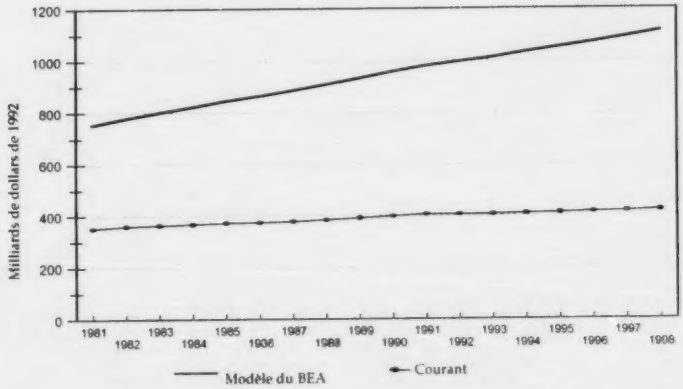


Figure G.4
Stock de capital net, ensemble des industries, matériel

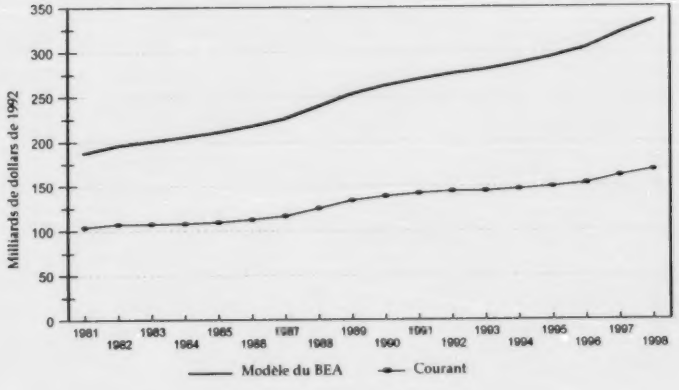
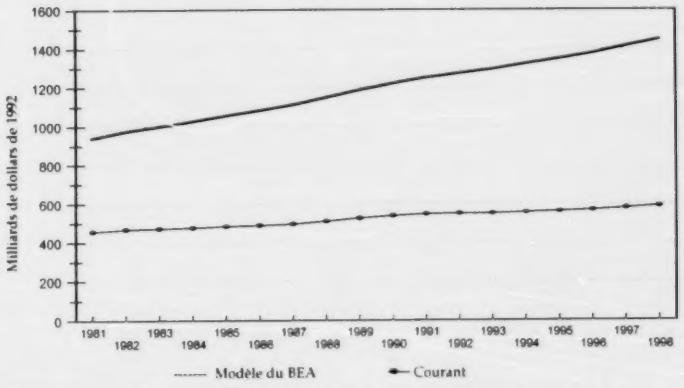


Figure G.5
Stock de capital net, ensemble des industries, total



Notes

1 Extraits de l'étude de P. Koumanakos, R. Landry, K. Huang et S. Wood, *Canadian Net Capital Stock Estimates and Depreciation Profiles: A Comparison Between the Existing Series and a Test Series Using the U.S. (BEA) Methodology*, Statistique Canada, 1999.

2 Pour un exposé exhaustif de la méthodologie de Statistique Canada, voir Statistique Canada (1994a).

3 Katz et Herman (1997) et Fraumeni (1997).

4 L'Enquête sur les dépenses d'investissement et de réparations a été révisée en profondeur en 1985 et en 1987 afin de répondre aux besoins de données pour l'estimation des stocks de capital.

Bibliographie

Baily, Martin Neil et Robert J. Gordon, « The Productivity Slowdown, Measurement Issues, and the Explosion of Computer Power », *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 2, 1988, p. 347-420.

Blinder, Alan S., « The Speed Limit: Fact and Fancy in the Growth Debate », *The American Prospect*, nº 34, septembre-octobre 1997, p. 57-62.

Brynjolfsson, Erik et Chris F. Kemerer, « Network Externalities in Microcomputer Software: An Econometric Analysis of the Spreadsheet Market », *Management Science*, vol. 42, nº 12, décembre 1996, p. 1627-1647.

Brynjolfsson, Erik et Shinkyu Yang, « Information Technology and Productivity: A Review of the Literature », *Advances in Computers*, vol. 43, février 1996, p. 179-214.

Bureau of Economic Analysis, *Fixed Reproducible Tangible Wealth of the United States, 1925-96*, NCN-0136, mai 1998a.

_____, « Fixed Reproducible Tangible Wealth in the United States: Revised Estimates for 1995-97 and Summary Estimates for 1925-1997 », *Survey of Current Business*, septembre 1998b, p. 36-45.

_____, *Investment Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1925-1997*, 1998c.

_____, « National Accounts Data - Data from the Latest GDP Release », http://www.bea.doc.gov/bea/dn/niptbl-d.htm, 1999.

Bureau of Labor Statistics, *Capital Stock Estimates for Input-output Industries: Methods and Data*, Bulletin 2034, Government Printing Office, Washington (D.C), 1979.

_____, *Trends in Multifactor Productivity, 1948-1981*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 1983.

_____, *Labor Composition and U.S. Productivity Growth, 1948-1990*, Bulletin 2426, Government Printing Office, Washington (D.C.), 1993.

_____, *BLS Handbook of Methods*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 1997.

_____, *Multifactor Productivity: Revisions to Capital Inputs for the BLS Multifactor Productivity Measures*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 1998.

_____, *Multifactor Productivity Trends*, USDL 99-36, 11 février 1999.

_____, *Productivity and Costs: Preliminary Fourth Quarter and Annual Averages, 1999*, USDL 00-37, 8 février 2000.

Christensen, Laurits R. et Dale W. Jorgenson, « Measuring Economic Performance in the Private Sector », paru dans *The Measurement of Economic and Social Performance*, ouvrage publié sous la direction de Milton Moss, Columbia University Press, New York (N.Y.), 1973, p. 233-238.

Christensen, Laurits R., Dale W. Jorgenson et Lawrence J. Lau, « Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function », *Econometrica*, vol. 39, nº 4, juillet 1971, p. 255-256.

_____, « Transcendental Logarithmic Production Function », *Review of Economics and Statistics*, vol. 55, 1973, p. 28-45.

Cole, Roseanne, Y. C. Chen, Joan A. Barquin-Stolleman, Ellen Dulberger, Hurhan Helvacian et James H. Hodge, « Quality-adjusted Price Indexes for Computer Processors and Selected Peripheral Equipment », *Survey of Current Business*, vol. 66, nº 1, janvier 1986, p. 41-50.

Congressional Budget Office, « CBO's Method for Estimating Potential Output », *CBO Memorandum*, octobre 1995.

_____, « An Economic Model for Long-run Budget Simulations », *CBO Memorandum*, 1997.

_____, *The Budget and Economic Outlook: Fiscal Years 2000-2009*, Government Printing Office, Washington (D.C.), janvier 1999a.

_____, « The Budget and Economic Outlook: An Update », *CBO Papers*, juillet 1999b.

_____, *The Budget and Economic Outlook: Fiscal Years 2001-2010*, Government Printing Office, Washington (D.C.), janvier 2000.

Corrado, Carol et Lawrence Slifman, « Decomposition of Productivity and Unit Costs », *American Economic Review, Papers and Proceedings*, vol. 89, nº 2, mai 1999, p. 328-332.

Council of Economic Advisors, *The Annual Report of the Council of Economic Advisors*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 2000.

Dean, Edward R., « The Accuracy of the BLS Productivity Measures », *Monthly Labor Review*, février 1999, p. 24-34.

Department of Commerce, *The Emerging Digital Economy*, II, Washington (D.C.), juin 1999.

Diewert, W. Erwin, « Functional Forms for Profit and Transformation Functions », *Journal of Economic Theory*, vol. 6, 1973, p. 284-316.

_____, « Aggregation Problems in the Measurement of Capital », paru dans *The Measurement of Capital*, ouvrage publié sous la direction de Dan Usher, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1980.

Diewert, W. Erwin et Denis A. Lawrence, « Progress in Measuring the Price and Quantity of Capital », Université de la Colombie-Britannique, document reprographié, 1999.

Domar, Evsey, « On the Measurement of Technological Change », *Economic Journal*, vol. 71, 1961, p. 709-729.

Dougherty, J. Chrysostom, « A Comparison of Productivity and Economic Growth in the G-7 Countries », thèse de doctorat, Université Harvard, 1992.

Dougherty, J. Chrysostom et Dale W. Jorgenson, « There Is No Silver Bullet: Investment and Growth in the G7 », *National Institute Economic Review*, vol. 162, octobre 1997, p. 57-74.

Durand, René, « Aggregation, Integration and Productivity Analysis: An Overall Framework », *Aggregate Productivity Measures*, Statistique Canada, nº 15-204 au Catalogue, juillet 1989.

_____, « Transforming Input-output Tables for Productivity Analysis », Statistique Canada, document reprographié, 1998.

Federal Reserve Board, *Balance Sheets for the U.S. Economy*, communiqué C.9, juin 1995.

_____, *Flow of Funds Accounts of the United States*, communiqué Z.1, 1997.

Fisher, Franklin M., *Aggregation – Aggregate Production Functions and Related Topics*, The MIT Press, Cambridge (MA), 1992.

Fisher, Lawrence M., « New Era Approaches: Gigabyte Chips », *New York Times*, 7 février 2000, p. C8.

Flamm, Kenneth, « Measurement of DRAM Prices: Technology and Market Structure », paru dans *Price Measurements and their Uses*, ouvrage publié sous la direction de Murray F. Foss, Marilyn E. Manser et Allan H. Young, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1993.

Fraumeni, Barbara, « The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Public Accounts », *Survey of Current Business*, juillet 1997.

Gandal, Neil, « Hedonic Price Indexes for Spreadsheets and an Empirical Test for Network Externalities », *RAND Journal of Economics*, vol. 25, nº 1, printemps 1994, p. 160-170.

General Accounting Office, « The Deficit and the Economy: An Update of Long-term Simulations », GAO/AIMD/OCE-95-119, 1995.

_____, « Deficit Reduction and the Long Term », GAO/T-AIMD-96-66, 1996.

Gordon, Robert J., *The Measurement of Durable Goods Prices*, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1990.

_____, *The Economics of New Goods*, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1997.

_____, « U.S. Economic Growth Since 1870: What We Know and Still Need to Know », *American Economic Review, Papers and Proceedings*, vol. 89, nº 2, mai 1999a, p. 123-128.

_____, « Has the 'New Economy' Rendered the Productivity Slowdown Obsolete? », manuscrit, Université Northwestern, 12 juin 1999b.

Greenwood, Jeremy, Zvi Hercowitz et Per Krusell, « Long-run Implications of Investment Specific Technological Change », *American Economic Review*, vol. 87, nº 3, 1997, p. 342-363.

Griliches, Zvi, « The Search for R&D Spillovers », *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 94, 1992, p. 29-47.

_____, « Productivity, RD, and the Data Constraint », *American Economic Review*, vol. 84, nº 1, mars 1994, p. 1-23.

Griliches, Zvi et Dale W. Jorgenson, « Sources of Measured Productivity Changes: Capital Input », *American Economic Review*, vol. 56, mai 1966, p. 50-61.

Grimm, Bruce T., « Quality Adjusted Price Indexes for Digital Telephone Switches », Bureau of Economic Analysis, document reprographié non publié, 1997.

Gullickson, William et Michael J. Harper, « Possible Measurement Bias in Aggregate Productivity Growth », *Monthly Labor Review*, février 1999, p. 47-67.

Haimowitz, Joseph H., « Has the Surge in Computer Spending Fundamentally Changed the Economy? », *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Kansas City, 2e trimestre, 1998, p. 27-42.

Hall, Robert E., « The Relation Between Price and Marginal Cost in U.S. Industry », *Journal of Political Economy*, vol. 96, nº 5, 1988, p. 921-947.

Hercowitz, Zvi, « The 'Embodiment' Controversy: A Review Essay », *Journal of Monetary Economics*, vol. 41, 1998, p. 217-224.

Ho, Mun S. et Dale W. Jorgenson, « The Quality of the U.S. Workforce, 1948-95 », Université Harvard, document reprographié, 1999.

Ho, Mun S., Dale W. Jorgenson et Kevin J. Stiroh, « U.S. High-tech Investment and the Pervasive Slowdown in the Growth of Capital Services », Université Harvard, document reprographié, 1999.

Hooper, Peter et Elizabeth Vrankovich, « International Comparisons of the Level of Unit Labor Costs in Manufacturing », *International Finance Discussion Papers*, nº 527, Board of Governors of the Federal Reserve System, 1995.

Hulten, Charles R., *Total Factor Productivity: A Short Biography*, NBER Working Paper nº 7471, janvier 2000.

Johnson, Joanne, « A KLEMS Database: Describing the Input Structure of Canadian Industry », *Aggregate Productivity Measures*, Statistique Canada, nº 15-204E au Catalogue, 1994, p. 19-32.

Jorgenson, Dale W., « The Embodiment Hypothesis », *Journal of Political Economy*, vol. 74, nº 1, 1966, p. 1-17.

_____, « Productivity and Economic Growth », paru dans *Fifty Years of Economic Measurement*, ouvrage publié sous la direction de E. Berndt et J. Triplett, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1990.

_____, « Empirical Studies of Depreciation », *Economic Inquiry*, vol. 34, nº 1, janvier 1996, p. 24-42.

_____, ed. « Productivity and Postwar U.S. Economic Growth », paru dans *Productivity, Volume 1: Postwar U.S. Economic Growth*, publié sous la direction de Dale W. Jorgenson, The MIT Press, Cambridge (MA), 1995a, p. 1-23.

_____, ed. « Productivity and Economic Growth », paru dans *Productivity, Volume 2: International Comparisons of Economic Growth*, publié sous la direction de Dale W. Jorgenson, The MIT Press, Cambridge (MA), 1995b, p. 1-98.

Jorgenson, Dale W., Frank Gollop et Barbara Fraumeni, *Productivity and U.S. Economic Growth*, Harvard University Press, 1987.

Jorgenson, Dale W. et Zvi Griliches, « The Explanation of Productivity Change », *Review of Economic Studies*, juillet 1967.

Jorgenson, Dale W. et Masahiro Kuroda, « Productivity and International Competitiveness in Japan and the United States, 1960-1985 », paru dans *Productivity, Volume 2, International Comparisons of Economic Growth*, ouvrage publié sous la direction de Dale W. Jorgenson, The MIT Press, Cambridge (MA), 1995.

Jorgenson, Dale W., Masahiro Kuroda et Mieko Nishimizu, « Japan-U.S. Industry-level Productivity Comparisons, 1960-1979 », *Journal of the Japanese and International Economies*, vol. 1, nº 1, 1987, p. 1-30.

Jorgenson, Dale W. et Mieko Nishimizu, « U.S. and Japanese Economic Growth, 1952-1974 », *Economic Journal*, vol. 88, décembre 1978, p. 707-726.

Jorgenson, Dale W. et Kevin J. Stiroh, « Computers and Growth », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, nºs 3-4, 1995, p. 295-316.

_____, « Information Technology and Growth », *American Economic Review, Papers and Proceedings*, vol. 89, nº 2, mai 1999, p. 109-115.

_____, « U.S. Economic Growth at the Industry Level », *American Economic Review, Papers and Proceedings*, mai 2000.

Jorgenson, Dale W. et P. J. Wilcoxen, « Environmental Regulation and U.S. Economic Growth », *The Rand Journal of Economics*, vol. 21, nº 2, été 1990, p. 314-340.

Jorgenson, Dale W. et Eric Yip, « Whatever Happened to Productivity Growth? Investment and Growth in the G-7 », paru dans *New Developments in Productivity Analysis*, ouvrage publié sous la direction de E. R. Dean, M. J. Harper et C. Hulten, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1999.

Jorgenson, Dale W. et Kun-Young Yun, *Tax Reform and the Cost of Capital*, Clarendon Press, Oxford, 1991.

Katz, Arnold J. et Shelby W. Herman, « Improved Estimates of Fixed Reproducible Tangible Wealth, 1925-95 », *Survey of Current Business*, mai 1997, p. 69-92.

Katz, Lawrence F. et Alan B. Krueger, « The High-pressure U.S. Labor Market of the 1990s », *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 1, 1999, p. 1-87.

Kemp, Katharine, *International Price and Quantity Comparisons: Purchasing Power Parities and Real Expenditures, Canada and the United States*, National Accounts and Environment Division, Technical Series Number 25, Statistique Canada, 1993.

Kiley, Michael T., « Computers and Growth with Costs of Adjustment: Will the Future Look Like the Past », document reprographié, Federal Reserve Board, juillet 1999.

Koumanakos, Peter, Richard Landry, Kuen Huang et Susanna Wood, *Canadian Net Capital Stock Estimates and Depreciation Profiles: A Comparison Between the Existing Series and a Test Series Using the U.S. (BEA) Methodology*, Investment and Capital Stock Division, document de travail, Statistique Canada, 1999.

Krugman, Paul, *The Age of Diminished Expectations: U.S. Economic Policy in the 1990s*, The MIT Press, Cambridge (MA), 1990.

_____, « How Fast Can the U.S. Economy Grow? », *Harvard Business Review*, vol. 75, nº 4, juillet-août 1997, p. 123-129.

Kuroda, Masahiro et Koji Nomura, « Productivity and International Competitiveness », Université Keio, document reprographié, 1999.

Lum, Sherlene K. S. et Robert E. Yuskavage, « Gross Product by Industry, 1947-96 », *Survey of Current Business*, novembre 1997, p. 20-34.

McGuckin, Robert H. et Kevin J. Stiroh, « Do Computers Make Output Harder to Measure? », *Journal of Technology Transfer*, 2000, à paraître.

Moulton, Brent R., Robert P. Parker et Eugene P. Seskin, « A Preview of the 1999 Comprehensive Revision of the National Income and Product Accounts, Definitional and Classification Changes », *Survey of Current Business*, août 1999, p. 7-19.

OCDE, *International Sectoral Database*, Paris, 1998.

Office of Management and Budget, *Analytical Perspectives, Budget of the United States Government, Fiscal Year 1998*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 1997.

_____, *Analytical Perspectives, Budget of the United States, Fiscal Year 2001*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 2000.

Oliner, Stephen D., « Constant-quality Price Change, Depreciation, and the Retirement of Mainframe Computers », paru dans *Price Measurement and Their Uses*, ouvrage publié sous la direction de Murray F. Foss, Marilyn E. Manser et Allan H. Young, University of Chicago Press, Chicago (Ill.), 1993, p. 19-61.

_____, *Measuring Stocks of Computer Peripheral Equipment: Theory and Application*, Board of Governors of the Federal Reserve System, mai 1994.

Oliner, Stephen D. et Daniel E. Sichel, « Computers and Output Growth Revisited: How Big Is the Puzzle? », *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 2, 1994, p. 273-334.

_____, « The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story? », document reprographié, Federal Reserve Board, février 2000.

Parker, Robert et Bruce Grimm, « Software Prices and Real Output: Recent Developments at the Bureau of Economic Analysis », document présenté dans le cadre du Program on Technological Change and Productivity Measurement, du NBER, 17 mars 2000.

Sichel, Daniel E., *The Computer Revolution: An Economic Perspective*, The Brookings Institution, Washington (D.C.), 1997.

_____, « Computers and Aggregate Economic Growth », *Business Economics*, vol. 34, nº 2, avril 1999, p. 18-24.

Social Security Administration, « Economic Projections for OASDI Cost and Income Estimates: 1992 », Actuarial Study nº 108, SSA Pub. nº 11-11551, décembre 1992.

_____, *1996 Annual Report of the Board of Trustees of the Federal Old-age and Survivors Insurance and Disability Trust Funds*, Government Printing Office, Washington (D.C.), 1996.

Solow, Robert M., « Technology Change and the Aggregate Production Function », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, août 1957, p. 312-320.

_____, « Investment and Technical Progress », paru dans *Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959*, ouvrage publié sous la direction de Kenneth J. Arrow, Samuel Karlin et Patrick Suppes, Stanford University Press, Stanford (CA), 1960.

_____, « We'd Better Watch Out », *New York Times Book Review*, 12 juillet 1987.

Statistique Canada, *Fixed Capital Flows and Stocks, 1961-1994 Historical*, nº 13-568 au Catalogue, 1994a.

_____, *Aggregate Productivity Measures*, nº 15-204 au Catalogue, 1994b.

_____, « Documentation for Micro Data File, Survey of Consumer Finance », Household Surveys Division, Ottawa, Canada, 1996.

_____, *Guide to the Labor Force Survey*, Ottawa, Canada, 1997.

Stiroh, Kevin J., « Computers, Productivity, and Input Substitution », *Economic Inquiry*, vol. 36, nº 2, avril 1998a, p. 175-191.

_____, « Long-run Growth Projections and the Aggregate Production Function: A Survey of Models Used by the U.S. Government », *Contemporary Economic Policy*, vol. 16, octobre 1998b, p. 467-479.

_____, « Is There a New Economy? », *Challenge*, juillet-août 1999, p. 82-101.

Tevlin, Stacey et Karl Whelan, « Explaining the Equipment Investment Boom of the 1990s », document reprographié, Division of Research and Statistics, Federal Reserve Board, décembre 1999.

Triplett, Jack E., « The Economic Interpretation of Hedonic Methods », *Survey of Current Business*, vol. 66, janvier 1986, p. 36-40.

_____, « Price and Technological Change in a Capital Good: A Survey of Research on Computers », paru dans *Technology and Capital Formation*, ouvrage publié sous la direction de Dale W. Jorgenson et Ralph Landau, The MIT Press, Cambridge (MA), 1989.

_____, « High-tech Industry Productivity and Hedonic Price Indices », *OECD Proceedings: Industry Productivity, International Comparison and Measurement Issues*, 1996, p. 119-142.

_____, « Economic Statistics, the New Economy, and the Productivity Slowdown », *Business Economics*, vol. 34, nº 2, avril 1999, p. 13-17.

Triplett, Jack E. et Barry Bosworth, « Productivity in the Service Sector », document reprographié, The Brookings Institution, Washington (D.C.), janvier 2000.

Whelan, Karl, « Computers, Obsolescence, and Productivity », document reprographié, Division of Research and Statistics, Federal Reserve Board, décembre 1999.

Williamson, W. Gordon et A. Craig Lahmer, *Preparing Your Corporate Tax Returns*, CCH Canadian Limited, 1996.

Publications de recherche d'Industrie Canada

COLLECTION DOCUMENTS DE TRAVAIL

N° 1 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les tendances de l'investissement étranger direct et les 1 000 entreprises les plus grandes**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment John Knubley, Marc Legault et P. Someshwar Rao, Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Les multinationales canadiennes : analyse de leurs activités et résultats**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment P. Someshwar Rao, Marc Legault et Ashfaq Ahmad, Industrie Canada, 1994.

N° 3 **Débordements transfrontaliers de R-D entre les industries du Canada et des États-Unis**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.

N° 4 **L'impact économique des activités de fusion et d'acquisition sur les entreprises**, Gilles Mcdougall, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.

N° 5 **La transition de l'université au monde du travail : analyse du cheminement de diplômés récents**, Ross Finnie, École d'administration publique, Université Carleton et Statistique Canada, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 6 **La mesure du coût d'observation lié aux dépenses fiscales : les stimulants à la recherche-développement**, Sally Gunz et Alan Macnaughton, Université de Waterloo, et Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 7 **Les structures de régie, la prise de décision et le rendement des entreprises en Amérique du Nord**, P. Someshwar Rao et Clifton R. Lee-Sing, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 8 **L'investissement étranger direct et l'intégration économique de la zone APEC**, Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao et Colleen Barnes, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 9 **Les stratégies de mandat mondial des filiales canadiennes**, Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 10 **R-D et croissance de la productivité dans le secteur manufacturier et l'industrie du matériel de communications au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 11 **Évolution à long terme de la convergence régionale au Canada**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 1996.

N° 12 **Les répercussions de la technologie et des importations sur l'emploi et les salaires au Canada**, Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 13 **La formation d'alliances stratégiques dans les industries canadiennes : une analyse microéconomique**, Sunder Magun, Applied International Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 14 **Performance de l'emploi dans l'économie du savoir**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Philippe Massé, Développement des ressources humaines Canada, 1996.

N° 15 **L'économie du savoir et l'évolution de la production industrielle**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Kurt Mang, ministère des Finances, 1997.

N° 16 **Stratégies commerciales des PME et des grandes entreprises au Canada**, Gilles Mcdougall et David Swimmer, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.

N° 17 **Incidence sur l'économie mondiale des réformes en matière d'investissement étranger et de commerce mises en œuvre en Chine**, Winnie Lam, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.

N° 18 **Les disparités régionales au Canada : diagnostic, tendances et leçons pour la politique économique**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 19 **Retombées de la R-D entre industries et en provenance des États-Unis, production industrielle et croissance de la productivité au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 20 **Technologie de l'information et croissance de la productivité du travail : analyse empirique de la situation au Canada et aux États-Unis**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 21 **Progrès technique incorporé au capital et ralentissement de la croissance de la productivité au Canada**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 23 **La restructuration de l'industrie canadienne : analyse micro-économique**, Sunder Magun, Applied International Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 24 **Les politiques du gouvernement canadien à l'égard de l'investissement étranger direct au Canada**, Steven Globerman, Université Simon Fraser et Université Western Washington, et Daniel Shapiro, Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 25 **Une évaluation structuraliste des politiques technologiques – Pertinence du modèle schumpétérien**, Richard G. Lipsey et Kenneth Carlaw, Université Simon Fraser, avec la collaboration de Davit D. Akman, chercheur associé, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 26 **Commerce intrasociété des entreprises transnationales étrangères au Canada**, Richard A. Cameron, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 27 **La hausse récente des demandes de brevets et la performance des principaux pays industrialisés sur le plan de l'innovation – Tendances et explications**, Mohammed Rafiquzzaman et Lori Whewell, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 28 **Technologie et demande de compétences : une analyse au niveau de l'industrie**, Surendra Gera et Wulong Gu, Industrie Canada, et Zhengxi Lin, Statistique Canada, 1999.

N° 29 **L'écart de productivité entre les entreprises canadiennes et américaines**, Frank C. Lee et Jianmin Tang, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 30 **Investissement étranger direct et croissance de la productivité : l'expérience du Canada comme pays d'accueil**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 31 **Les entreprises manufacturières sous contrôle canadien sont-elles moins productives que leurs concurrentes sous contrôle étranger?** Someshwar Rao et Jianmin Tang, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 2000.

N° 32 **Le paradoxe canado-américain de la croissance de la productivité**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

COLLECTION DOCUMENTS DE DISCUSSION

N° 1 **Les multinationales comme agents du changement : définition d'une nouvelle politique canadienne en matière d'investissement étranger direct**, Lorraine Eden, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Le changement technologique et les institutions économiques internationales**, Sylvia Ostry, Centre for International Studies, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 3 **La régie des sociétés au Canada et les choix sur le plan des politiques**, Ronald J. Daniels, Faculté de droit, Université de Toronto, et Randall Morck, Faculté d'administration des affaires, Université de l'Alberta, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 4 **L'investissement étranger direct et les politiques d'encadrement du marché : réduire les frictions dans les politiques axées sur la concurrence et la propriété intellectuelle au sein de l'APEC**, Ronald Hirshhorn, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 5 **La recherche d'Industrie Canada sur l'investissement étranger : enseignements et incidence sur les politiques**, Ronald Hirshhorn, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 6 **Rivalité sur les marchés internationaux et nouveaux enjeux pour l'Organisation mondiale du commerce**, Edward M. Graham, Institute for International Economics, Washington (D.C.), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 7 **Conséquences des restrictions à la propriété étrangère pour l'économie canadienne – Une analyse sectorielle,** Steven Globerman, Université Western Washington, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 8 **Les déterminants de la croissance de la productivité canadienne : enjeux et perspectives**, Richard G. Harris, Université Simon Fraser et Institut canadien des recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 9 **Le Canada manque-t-il le « bateau technologique »? Examen des données sur les brevets,** Manuel Trajtenberg, Université de Tel-Aviv, National Bureau of Economic Research et Institut canadien des recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

COLLECTION DOCUMENTS HORS SÉRIE

N° 1 **Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : analyse par pays**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knubley, Rosemary D. MacDonald et Christopher Wilkie, Industrie Canada, 1994.

Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : résumé et conclusions, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes et John Knubley, Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Les initiatives d'expansion commerciale dans les filiales de multinationales au Canada**, Julian Birkinshaw, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 3 **Le rôle des consortiums de R-D dans le développement de la technologie**, Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Université Carleton, et Sunder Magun, Centre de droit et de politique commerciale, Université d'Ottawa et Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 4 **Écarts hommes/femmes dans les programmes universitaires**, Sid Gilbert, Université de Guelph, et Alan Pomfret, King's College, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 5 **La compétitivité : notions et mesures**, Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 6 **Aspects institutionnels des stimulants fiscaux à la R-D : le crédit d'impôt à la RS&DE**, G. Bruce Doern, École d'administration publique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 7 **La politique de concurrence en tant que dimension de la politique économique : une analyse comparative**, Robert D. Anderson et S. Dev Khosla, Direction de l'économique et des affaires internationales, Bureau de la politique de concurrence, Industrie Canada, 1995.

N° 8 **Mécanismes et pratiques d'évaluation des répercussions sociales et culturelles des sciences et de la technologie**, Liora Salter, Osgoode Hall Law School, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 9 **Sciences et technologie : perspectives sur les politiques publiques**, Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 10 **Innovation endogène et croissance : conséquences du point de vue canadien**, Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal et Institut canadien des recherches avancées, et Elhanan Helpman, Université de Tel-Aviv et Institut canadien des recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 11 **Les rapports université-industrie en sciences et technologie**, Jérôme Doutriaux, Université d'Ottawa, et Margaret Barker, Meg Barker Consulting, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 12 **Technologie et économie : examen de certaines relations critiques**, Michael Gibbons, Université de Sussex, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 13 **Le perfectionnement des compétences des cadres au Canada**, Keith Newton, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.

N° 14 **Le facteur humain dans le rendement des entreprises : stratégies de gestion axées sur la productivité et la compétitivité dans l'économie du savoir**, Keith Newton, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 15 **Les charges sociales et l'emploi : un examen de la documentation**, Joni Baran, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 16 **Le développement durable : concepts, mesures et déficiences des marchés et des politiques au niveau de l'économie ouverte, de l'industrie et de l'entreprise**, Philippe Crabbé, Institut de recherche sur l'environnement et l'économie, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 17 **La mesure du développement durable : étude des pratiques en vigueur**, Peter Hardi et Stephan Barg, avec la collaboration de Tony Hodge et Laszlo Pinter, Institut international du développement durable, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 18 **Réduction des obstacles réglementaires au commerce : leçons à tirer de l'expérience européenne pour le Canada**, Ramesh Chaitoo et Michael Hart, Centre de droit et de politique commerciale, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 19 **Analyse des mécanismes de règlement des différends commerciaux internationaux et conséquences pour l'Accord canadien sur le commerce intérieur**, E. Wayne Clendenning et Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 20 **Les entreprises autochtones : caractéristiques et stratégies de croissance**, David Caldwell et Pamela Hunt, Centre de conseils en gestion, dans le cadre d'un contrat avec Entreprise autochtone Canada, Industrie Canada, 1998.

N° 21 **La recherche universitaire et la commercialisation de la propriété intellectuelle au Canada**, Wulong Gu et Lori Whewell, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 22 **La comparaison des niveaux de vie au Canada et aux États-Unis – Une perspective régionale**, Raynald Létourneau et Martine Lajoie, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 2000.

N° 23 **Liens entre changement technologique et croissance de la productivité**, Steven Globerman, Université Western Washington, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 24 **Investissement et croissance de la productivité – Étude inspirée de la théorie néoclassique et de la nouvelle théorie de la croissance**, Kevin J. Stiroh, Federal Reserve Bank de New York, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 25 **Les déterminants économiques de l'innovation**, Randall Morck, Université de l'Alberta, et Bernard Yeung, Université de New York, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

N° 26 **Les PME, l'exportation et la création d'emploi : une analyse au niveau de l'entreprise**, Élisabeth Lefebvre et Louis A. Lefebvre, CIRANO et École polytechnique de Montréal, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

COLLECTION LE CANADA AU 21e SIÈCLE

N° 1 **Tendances mondiales : 1980-2015 et au delà**, J. Bradford DeLong, Université de la Californie, Berkeley, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 2 **Libéralisation étendue axée sur les aspects fondamentaux : un cadre pour la politique commerciale canadienne**, Randy Wigle, Université Wilfrid Laurier, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 3 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les 25 dernières années et les 25 prochaines années**, Gary C. Hufbauer et Jeffrey J. Schott, Institute for International Economics, Washington (D.C.), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 4 **Les tendances démographiques au Canada, 1996-2006 : les répercussions sur les secteurs public et privé**, David K. Foot, Richard A. Loreto et Thomas W. McCormack, Madison Avenue Demographics Group, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 5 **Investissement : les défis à relever au Canada**, Ronald P.M. Giammarino, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 6 **Visualiser le 21e siècle – Investissements en infrastructure pour la croissance économique, le bien-être et le mieux-être des Canadiens**, Christian DeBresson, Université du Québec à Montréal, et Stéphanie Barker, Université de Montréal, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 7 **Les conséquences du changement technologique pour les politiques de main-d'œuvre**, Julian R. Betts, Université de la Californie à San Diego, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 8 **L'économie et l'environnement : l'expérience récente du Canada et les perspectives d'avenir**, Brian R. Copeland, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 9 **Réactions individuelles à l'évolution du marché du travail au Canada**, Paul Beaudry et David A. Green, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 10 **La réaction des entreprises – L'innovation à l'ère de l'information**, Randall Morck, Université de l'Alberta, et Bernard Yeung, Université du Michigan, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 11 **Institutions et croissance – Les politiques-cadres en tant qu'instrument de compétitivité**, Ronald J. Daniels, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

COLLECTION PERSPECTIVES SUR LE LIBRE-ÉCHANGE NORD-AMÉRICAIN

N° 1 **La fabrication dans les pays de petite taille peut-elle survivre à la libéralisation du commerce? L'expérience de l'Accord de libre-échange Canada-États-Unis**, Keith Head et John Ries, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 2 **Modélisation des liens entre le commerce et l'investissement étranger direct au Canada**, Walid Hejazi et A. Edward Safarian, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 3 **Libéralisation des échanges et migration de travailleurs qualifiés**, Steven Globerman, Université Western Washington et Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 4 **Évolution du profil sectoriel et professionnel du commerce international du Canada**, Peter Dungan et Steve Murphy, Institute for Policy Analysis, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 5 **Incidence de l'Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis sur le commerce interprovincial**, John F. Helliwell, Université de la Colombie-Britannique, Frank C. Lee, Industrie Canada, et Hans Messinger, Statistique Canada, 1999.

N° 6 **L'essentiel sur l'Accord de libre-échange Canada-États-Unis**, Daniel Trefler, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

MONOGRAPHIE

La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis, publié sous la direction de Dale W. Jorgenson Université de Harvard, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 2000.

PUBLICATIONS CONJOINTES

Capital Budgeting in the Public Sector, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Infrastructure and Competitiveness, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, en collaboration avec l'Institut C.D. Howe, sous la direction de Jamie Benidickson, G. Bruce Doern et Nancy Olewiler, 1994.

Pour obtenir des exemplaires de l'un des documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche d'Industrie Canada, veuillez communiquer avec le :

Responsable des publications
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 952-5704
Téléc. : (613) 991-1261
Courriel : mepa.apme@ic.gc.ca

MONOGRAPHIE

La productivité au niveau de l'industrie et la compétitivité internationale au Canada et aux États-Unis, publié sous la direction de Dale W. Jorgenson Université Harvard, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 2000.

DOCUMENTS DE RECHERCHE

N° 1 **Investissement étranger, technologie et croissance économique,** publié sous la direction de Donald G. McFetridge, University of Calgary Press, 1991.

N° 2 **La mondialisation des sociétés par le jeu des fusions et acquisitions**, publié sous la direction de Leonard Waverman, University of Calgary Press, 1991.

N° 3 **Multinationales en Amérique du Nord,** publié sous la direction de Lorraine Eden, University of Calgary Press, 1994, réimpression en 1996.

N° 4 **Les multinationales canadiennes**, publié sous la direction de Steven Globerman, University of Calgary Press, 1994.

N° 5 **La prise de décision dans les entreprises au Canada**, publié sous la direction de Ronald J. Daniels et Randall Morck, University of Calgary Press, 1995.

N° 6 **La croissance fondée sur le savoir et son incidence sur les politiques microéconomiques**, publié sous la direction de Peter Howitt, University of Calgary Press, 1996.

N° 7 **La région de l'Asie-Pacifique et l'économie mondiale : perspectives canadiennes**, publié sous la direction de Richard G. Harris, University of Calgary Press, 1996.

N° 8 **Le financement de la croissance au Canada**. publié sous la direction de Paul J.N. Halpern, University of Calgary Press, 1997.

N° 9 **La politique de concurrence et les droits de propriété intellectuelle dans l'économie du savoir**, publié sous la direction de Robert D. Anderson et Nanacy T. Gallini, University of Calgary Press, 1998.

PUBLICATIONS CONJOINTES

Capital Budgeting in the Public Sector, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Infrastructure and Competitiveness, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, en collaboration avec l'Institut C.D. Howe, Jamie Benidickson, G. Bruce Doern et Nancy Olewiler, 1994.

Pour obtenir des exemplaires de l'un des documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche d'Industrie Canada, veuillez communiquer avec le :

Responsable des publications
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 952-5704
Téléc. : (613) 991-1261
Courriel : mepa.apme@ic.gc.ca